

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE LECTURA DE 4mA
A 20mA, CONVERSIÓN A PROTOCOLO MODBUS RTU Y RS232 PARA
SISTEMAS SMS**

**FERNANDEZ GRAIN ANDRES ALFONSO
SAQUER FEGHALI JOSE**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRONICA Y ELECTRONICA
SANTIAGO DE CALI
2008**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE LECTURA DE 4mA A
20mA, CONVERSIÓN A PROTOCOLO MODBUS RTU Y RS232 PARA
SISTEMAS SMS**

**FERNANDEZ GRAIN ANDRES ALFONSO
SAQUER FEGHALI JOSE**

**Pasantía para optar al título de
Ingeniero Mecatrónico
Ingeniero Electrónico**

**Director
HÉCTOR FABIO ROJAS
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE AUTOMATICA Y ELECTRONICA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECATRONICA Y ELECTRONICA
SANTIAGO DE CALI
2008**

Nota de aceptación:

**Aprobado por el comité de grado en
Cumplimiento de los requisitos
exigidos por la Universidad
Autónoma de Occidente para optar
Al título de Ingeniero Mecatrónico e
Ingeniero Electrónico.**

Ing. ADOLFO ORTIZ
Jurado

Ing. HECTOR FABIO ROJAS
Director

Santiago de Cali, 03 de Junio de 2008

AGRADECIMIENTOS

Andrés Fernández: en este Documento se condenso todo el cariño y esperanza de mi Madre Carmen Grain de Fernández, toda la atención y consideración de mi Padre Pedro Alfonso Fernández Castillo y a Dios por mi vocacion en la vida, al los señores que honorablemente y bien merecidos tienen el titulo de profesores é Ingenieros Henry Cabra Tamayo por su amor a la Humanidad y sus invaluables concejos, el Ingeniero Héctor Fabio Rojas por su amor a la Vida y concejos precisos y humanos, Señor Jimmy Tombe Andrade por su gran ayuda y Ejemplo invaluable de persona, el Ingeniero Alejandro Tejada por su colaboración sincera y sus ansias de conocimiento. A todas y cada una de las personas que siendo yo la persona que soy, nos colaboraron para que las ideas y pensamientos se proyecten a un futuro sea el que sea, mientras Dios nos Guíe.

José Feghali: el desarrollo del proyecto, agradezco a Dios y a mis padres por prestar el apoyo espiritual y económico en este proceso de aprendizaje, a mis hermanos que estuvieron ahí escuchando mis angustias y mis alegrías, a mis amigos y familiares cercanos.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	16
RESUMEN	18
INTRODUCCIÓN	19
1. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECIFICOS	21
2. JUSTIFICACIÓN	22
3. RESEÑA HISTORICA	23
4. MARCO TEORICO	27
4.1 PROTOCOLO MODBUS	19
4.2 ESTRUCTURA DE LA RED	19
4.2.1 MEDIO FÍSICO	19
4.2.2 ACCESO AL MEDIO	19
4.2.3 PROTOCOLO	27
4.3 FUNCIONES 0X03, 0X06, 0X10	31
5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION	36
5.1 METODOLOGIA	36
5.1 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES GENERAL	37
5.1.2 Identificación De Necesidades	38
5.1.3 Ingeniería Inversa	40
5.1.4 Generación De Conceptos	47

5.1.5 Selección de conceptos.	51
5.1.6 Arquitectura de producto.	52
5.1.7 Diseño industrial.	57
5.1.8 Diseño para manufactura.	60
5.1.9 Prototipado.	63
5.1.10 Diseño detallado.	73
6. CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFIA	95
ANEXOS	97

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Funciones disponible en el protocolo MODBUS.	28
Tabla 2. Dimensiones de los valores que se envían en la trama.	30
Tabla 3. Dimensiones de los valores que se envían en la trama.	31
Tabla 4. Mensajes de error por tipo con su código de error.	34
Tabla 5. Fases en las que se divide el proyecto.	36
Tabla 6. Cronograma de actividades general	37
Tabla 7. Detalle de cronograma de actividades En Project 2003.	37
Tabla. 8. Jerarquización de las necesidades.	39
Tabla. 9. Necesidades y sus métricas.	39
Tabla 10. Costo del equipo TS6 de Laurel.	49
Tabla 11. Descripción de los puertos de dispositivo de SCANTRIC.	49
Tabla 11. Presupuesto para manufactura del dispositivo.	60
Tabla 12. Características técnicas de la carcasa de fabricación Estadounidense.	89

Tabla 13. Presupuesto de los componentes que conforman el dispositivo. **90**

Tabla 14. Comparativa entre los producto Kamati K-01, Atecna
SCANTRIC D86-M8, kelatron Vigil-K. **92**

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Modelo Harvard de la arquitectura un procesador PIC.	26
Figura 2. Trama genérica del mensaje según código utilizado.	28
Figura 3. Calculo del CRC codificación RTU.	30
Figura 4. Secuencia de ejecución de la función 03.	31
Figura 5. Secuencia de ejecución de la función 6.	34
Figura 6. Secuencia de ejecución de la función 16.	35
Figura 7. Imágenes de la parte externa del convertidor Foxboro..	41
Figura 8. Imágenes de la parte interna del convertidor.	42
Figura 9. Imágenes de la parte interna de la tapa frontal y los botones de accionamiento.	43
Figura 10. Amperímetro examinado de la casa de ingeniería Velásquez.	44
Figura 11. Imagen de la caja Futura de 96*96*110 mm de la marca Gaurang.	45
Figura 12. Imagen de la caja Futura de 96*96*110 mm en desarme de la marca Gaurang.	46

Figura 13. Modulo sin interface visual y riel de la empresa Gaurang.	47
Figura 14. Concepto de caja negra Entradas y salidas del dispositivo.	48
Figura 15. Concepto de caja negra Entradas y salidas de información análoga y digital.	49
Figura 16. Le VIGIL-K est un module de télémétrie et d'enregistrement de données avec GSM intégré.	49
Figura 17. SCANTRIC D86-M8 Data Acquisition Module.	58
Figura 18. Gaurang Electronic Industries En la imagen se bosqueja la Participación de nuestro dispositivo en el Bucle Digital de control Automático de una planta o proceso en este caso un tanque al cual se le realiza control de nivel. 2008.	52
Figura 19. Trayectoria tomada para dar solución al tema de captura de variables análogas.	53
Figura 20. Arquitectura de productos Modular General.	53
Figura 21. Arquitectura de productos Módulos del Software.	54
Figura 22. Arquitectura de productos Modular partes principales y sus funciones.	56
Figura 23. Interacción Fundamental.	56
Figura 24. Interacción Incidental.	57

Figura 25. Arquitectura del Dispositivo	57
Figura 26. Ponderación de características estéticas y ergonómicas del dispositivo.	60
Figura 27. Calidad de las interfaces de usuario.	61
Figura 28. Carcasas del dispositivo. a) Ejemplo de parte frontal desarrollada en Cali por Solex Ltda. Termo formado de Colombia, cotizada en DIGIKEY.com.	62
Figura 29. Carcasas del dispositivo. a) Ejemplo de parte frontal desarrollada en Cali por Solex Ltda. Termo formado Colombia	63
Figura 30. Opción en Riel DIN Esquema de ensamble del equipo.	64
Figura 31. Diagrama operacional del prototipo, con respecto a sus entradas A/D y a su salidas A/D (A/D -Análogas y digitales-).	65
Figura 32. Esquema de simulación.	65
Figura 33. Botones de acciones básicas.	66
Figura 34. Esquema de diseño de la nota de aplicación 823 de Maxim.	66
Figura 35. Esquema del multiplexor análogo, y los simuladores de sensores.	67
Figura 36. Modos de funcionamiento del modem.	69
Figura 37. Configuración de MAX 220/MAX 232/MAX232A y operación del circuito.	72

Figura 38. Diseño obtenido de National semiconductor.	73
Figura 39. Inicio del micro controlador.	75
Figura 40. Captura de datos.	76
Figura 41. El funcionamiento de los protocolos y el HMI se requiere una base de software como es la que se implemento dentro del micro controlador.	76
Figura 42. Diagrama de Flujo interrupción del Clock (int_rtcc).	77
Figura 43. Envío de un mensaje SMS con los datos de los puertos.	77
Figura 44. Interrupción de recepción del puerto RS232 #1 (int_rda).	78
Figura 45. Funcionamiento del MODBUS. Documento del Modbus ida 1.1.	78
Figura 46. Lista de precios de los productos Gaurang.	85
Figura 47. Cotización importación de 500 unidades desde Mumbai India.	85
Figura 48. Tarjeta de presentación de Solex en cuyo respaldo en dueño de la empresa Jairo Mejía escribió la cotización acerca de la fabricación	87
Figura 49. Ejemplo de la Parte frontal de la caja elaborada por Solex.	87
Figura 50. Ejemplo de la Parte posterior de la caja elaborada por Solex.	88
Figura 51. Carcasa de Fabricación Estadounidense DigiKey.	88

Figura 52. Cotización de importación DigiKey.

GLOSARIO

ADC O CAD: una conversión analógica-digital consiste en la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento (codificación, compresión, etc.) y hacer la señal resultante (la digital) más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas.

EEPROM: son las siglas de electrically - erasable programmable read-only memory (ROM programable y borrable eléctricamente), en español o castellano se suele referir al hablar como E²PROM y en inglés "E-Squared-PROM".

HMI: human Machine Interface (Interfaces hombre-máquina).

INGENIERÍA ELECTRÓNICA: es el conjunto de conocimientos técnicos, tanto teóricos como prácticos que tienen por objetivo la aplicación de la tecnología electrónica para la resolución de problemas prácticos.

KAMATI: empresa la cual se dedica a implementar sistemas de automatización industrial.

MICROPROCESADOR: es un circuito integrado que contiene todos los elementos necesarios para conformar una "unidad central de procesamiento" UCP, también es conocido como CPU (por sus siglas en inglés: Central Process Unit).

MODBUS RTU: es una representación binaria compacta de los datos.

MODBUS MODICON: corresponde a una marca registrada por Gould Inc., como en tantos otros casos, la designación no corresponde propiamente al estándar de red.

METODOLOGÍA: del griego (metà "mas allá" odòs "camino" logos "estudio"). Se refiere a los métodos de investigación que se siguen para alcanzar una gama de objetivos en una ciencia. Aun cuando el término puede ser aplicado a las artes cuando es necesario efectuar una observación o análisis más riguroso o explicar una forma de interpretar la obra de arte. En resumen son el conjunto de métodos que se rigen en una investigación científica o en una exposición doctrinal.

MECATRÓNICA: surge de la combinación sinérgica de distintas ramas de la ingeniería, entre las que destacan: la mecánica de precisión, la electrónica, la informática y los sistemas de control. Su principal propósito es el análisis y diseño de productos y de procesos de manufactura automatizados.

MÓDEM: es un dispositivo que sirve para modular y remodular (en amplitud, frecuencia, fase u otro sistema) una señal llamada portadora mediante otra señal de entrada llamada moduladora.

NÚMERO DE ESCLAVO: número que permite identificar el dispositivo en una red modBus.

PROYECTO: es una empresa planificada que consiste en un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas y coordinadas; la razón de un proyecto es alcanzar objetivos específicos dentro de los límites que imponen un presupuesto y un lapso de tiempo previamente definidos.

PIC MICROCHIP TECHNOLOGY INC: es una empresa electrónica de Chandler, Arizona, EE. UU.

PANTALLA DE CRISTAL LÍQUIDO O LCD: (acrónimo del inglés Liquid crystal display) es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en pilas, dispositivos electrónicos, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.

POLI (CLORURO DE VINILO) O PVC (DEL INGLÉS POLYVINYL CHLORIDE): es un polímero termoplástico. Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80°C y se descompone sobre 140°C.

RS232: también conocido como Electronic Industries Alliance RS-232C. es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios).

RTU: remote Transmission Unit.

SMS: en inglés es acrónimo de Servicio de mensajes cortos ("Short Message Service").

RESUMEN

Este proyecto es desarrollado por requerimiento de la empresa KAMATI LTDA, la cual propuso el diseño de un dispositivo de lectura de 4ma a 20ma conversión a protocolo Modbus RTU (Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos.) y RS232 (RS232 también conocido como Electronic Industries Alliance RS-232C. es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios) para sistemas SMS para ser desarrollado en una pasantía por estudiantes de La Universidad Autónoma de Occidente.

La Empresa KAMATI tiene como objeto la comercialización y producción de sistemas de Automatización Industrial. Está perdiendo competitividad en el mercado dado que sus dispositivos multifunción tienen un costo alto, teniéndose en cuenta la cantidad de tareas para lo que están diseñados.

El presente trabajo presenta el desarrollo de un prototipo especializado, el cual es un dispositivo o sistema de adquisición de datos analógicos de 4mA a 20mA. Que envía datos a través del protocolo Modbus RTU y soporte de envío de datos a dispositivos SMS, en inglés es acrónimo de Servicio de mensajes cortos ("Short Message Service"), sistema de mensajes de texto para teléfonos móviles.

El Diseño del dispositivo incorporó un HMI - HMI Human Machine Interface Interfaces hombre-máquina, para la interacción directa con el operario, pero también fue diseñado para que pueda visualizar los datos en forma remota con un servicio inalámbrico SMS y tiene la capacidad de capturar hasta 4 señales Análogas.

Actualmente los sistemas de gestión industrial son cada vez más requeridos, debido a disminuir costos, para hacer procesos más eficientes y competitivos comercialmente. capturadas por los diferentes sensores instalados en los mismos.

Los resultados obtenidos fueron consignados en este documento, esperando, que se pueda realizar un acercamiento a lo que fue el desarrollo de este dispositivo, sus complejidades, aplicaciones y futuro.

INTRODUCCIÓN

La modalidad de trabajo de grado seleccionada en este caso, fue pasantía, ya que se trata de aplicar en forma integral los conocimientos alcanzados durante la carrera para el desarrollo de un producto de comunicación industrial y dar solución a los actuales vacíos del mercado nacional, en este caso en particular los problemas de competitividad en precios de la empresa KAMATI.

Problemas que se generaron a partir de la inexistencia de Dispositivos Especializados en el mercado nacional.

Enfocamos entonces nuestros esfuerzos a especializar dichos dispositivos, hacerlos en costos de producción más accesibles y por ende, generar mejor posicionamiento de la empresa frente a la competencia.

El Dispositivo está desarrollado con base a la tecnología de los microprocesadores, utilizando particularmente los PIC. El contenedor del Dispositivo fue un gran desafío, debido a las escasas opciones que existen en el mercado local, al alto costo cuando se trata de obtener las cajas a través de moldes propios en función de la cantidad de unidades que se requieren comercializar en la empresa KAMATI. Finalmente y después de analizar todas las variables posibles. Se decide la construcción artesanal del contenedor del dispositivo, para lo cual se logro contactar con una empresa de varios años de experiencia dedicada a la fabricación de piezas plásticas utilizando, métodos de termo formado, fibra de Vidrio y vaciado de resina acrílica. A través de la experiencia del Señor Jairo Mejía se acordó el uso de poliuretano que tiene características como la Aislación Hidrófuga, es decir es impermeable al agua, aunque si es sometido a una exposición a la intemperie directamente debe protegerse con un revestimiento, por ejemplo: membrana asfáltica, techado acrílico, etc. Para los Problemas de condensación de agua o aislación Anti condensante. La espuma rígida de Poliuretano al formar una capa monolítica sin juntas adherida íntimamente al sustrato, resuelve totalmente el problema de condensación. la resistencia a la temperatura

La espuma rígida de Poliuretano es dimensionalmente estable en un rango de temperaturas que va de -200 °C a + 110 °C, y soporta cargas térmicas de hasta 250 °C por períodos cortos de tiempo y en cuanto a la resistencia al Fuego las espumas rígidas de Poliuretano son catalogadas como auto extingüibles según la

norma ASTM 1692-59T. Por estas ventajas técnicas se optó para la parte frontal en el contenedor el Poliuretano y para la parte posterior el PVC este por ser de mayor aplicación, se consigue a mejores precios en el mercado y además ofrece características técnicas como la Seguridad eléctrica, Debido al Cloro que Contiene, el PVC no se quema con facilidad ni arde por sí solo, por esta razón se emplea extensivamente para aislar y proteger cables eléctricos y para otros insumos en la industria de la construcción, automotriz, electrodomésticos, bienes de uso, etc.

Para el desarrollo del software se contó con la ayuda de Programas CAD (Diseño Asistido por Computador), como el PROTEUS, MPLAB y en el Hardware se trabajó con ARES, EAGLE.

Finalmente se logró desarrollar y probar efectivamente el funcionamiento del dispositivo especializado en un ambiente virtual, y a través de un prototipo.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseño e implementación virtual de un dispositivo de lectura de 4 a 20 mA y conversión a protocolo Modbus RTU funciones 0x03, 0x06, 0x10, y RS232 para sistema SMS.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar acerca del desarrollo de las diferentes partes del dispositivo especializado: caja, fuente de poder, software y hardware.
- Investigar las diferentes funciones Modbus que se utilizarán en el dispositivo.
- Diseñar la secuencia lógica de pasos del Software para su correcto funcionamiento en la aplicación.
- Realizar pruebas virtuales para el óptimo desarrollo del producto de acuerdo a los estándares de la industria.
- Realizar la documentación respectiva del proyecto.
- Desarrollar un método de producción de la carcasa o caja contenedora, para panel frontal tipo DIN y riel omega para emplazamiento de tipo industrial, teniendo en cuenta la presentación y la respuesta mecánica a esfuerzos.
- Desarrollar un método de producción del producto.

2. JUSTIFICACION

La pasantía nos fue ofrecida por la empresa KAMATI, la cual se dedica a implementar sistemas de automatización industrial, dichos sistemas están diseñados para optimizar el uso racional de los recursos y materias primas. Estas son el objetivo principal que la empresa ofrece a los clientes que utilizan sus sistemas de control; debido a su experiencia de más de 10 años en el ámbito Industrial, han detectado la necesidad de implementar un dispositivo eficaz, especializado, económico y con tiempos bajos de reposición.

Cubrir esta necesidad es vital para mantenerse vigentes como oferentes competitivos y dado que el mercado local no tiene dispositivos similares, decidieron aprovechar que existe esta brecha dejada, e iniciaron la investigación utilizando la figura de pasantía de estudiantes de Electrónica y Mecatrónica.

El dispositivo logrado en la simulación dará a KAMATI una base tecnológica para el crecimiento de la empresa en campos que aún no tenía a su alcance y logrará posicionarse mejor en la industria de la Ingeniería de Control de procesos, ahorrando costos tanto para ellos como para sus clientes.

Como Ingenieros, decidimos aceptar este reto sabiendo que nos ayudará a fortalecer las bases teóricas adquiridas a lo largo de las carreras y la cual nos permite aterrizar la metodología para el futuro desarrollo de dispositivos de igual naturaleza e integrar las técnicas de la Mecatrónica y Electrónica en el logro del objetivo fijado.

3. RESEÑA HISTORICA

3.1 BREVE DESCRIPCIÓN HISTÓRICA SOBRE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL

A través del tiempo el hombre ha buscado nuevas formas de mejorar sus procesos productivos con el fin de liberarse de tareas rutinarias y/o riesgosas.

La automatización de equipos y procesos industriales ha sido una de las áreas del conocimiento donde se han producido grandes avances en los últimos años, aunque la palabra automatización no es nueva, ya que desde la antigua Grecia se menciona el término ‘automatos’ el cual significa que se mueve por sí mismo. Es en Grecia donde aparece una de las primeras aplicaciones en este campo, los mecanismos reguladores del flotador entre los años 300 a 1 a.c., aunque en Egipto cientos de años atrás, se construyeron estatuas articuladas las cuales eran utilizadas tanto en la política como en la religión.

El primer sistema con retroalimentación inventado en Europa moderna fue el regulador de temperatura para incubar huevos, realizado por Cornelis Drebbel en Holanda (1624). En 1707 Denis Papin inventa su dispositivo para regular la presión (olla a presión), en 1745 James Watt desarrolla un dispositivo para controlar la dirección de los molinos de viento.

Los inventos generados hasta esta época eran aislados y no tuvieron la connotación de procesos industriales. La revolución industrial que empezó a finales del siglo XVII fue un incentivo para el desarrollo de máquinas automáticas, y es en esta época justo en 1788 cuando el ingeniero mecánico James Watt construye un regulador centrífugo, que sirve como control de velocidad de una máquina de vapor, perfeccionando de esta forma la locomotora de vapor convirtiéndola en un sistema mecánico completamente automático. Se puede decir que fue la primera aplicación a nivel industrial de los sistemas realimentados.

El control por realimentación, el desarrollo de “herramientas especializadas y la división del trabajo en tareas más pequeñas que pudieran realizar obreros o máquinas fueron ingredientes esenciales en la automatización de las fábricas en el siglo XVIII. Ya en el año de 1911 Elmer Sperry desarrolla el piloto automático para aviones (Gyropilot). Con la revolución industrial se generan grandes desarrollos teóricos como los de Pierre Simón Laplace (La transformada de Laplace) y de

Jean Baptiste Joseph Fourier (La variable compleja), los cuales proporcionan las bases matemáticas para Implementar lo que se conoce como la teoría de control automático, teoría que es usada en 1922 por Nicholas Minorsky para construir. Controladores automáticos para el direccionamiento de barcos y determinar la estabilidad de los sistemas a partir de sus ecuaciones diferenciales descriptivas.

Con la aparición de plantas con múltiples entradas y salidas, lineales y no lineales, la teoría de control clásica se ve muy limitada, es de esta forma como aparece el control moderno que junto al uso de computadoras digitales se convierte en la herramienta más potente para la solución de problemas en control. Basados en los microprocesadores, aparecieron las computadoras de uso personal y los sistemas de procesamiento digital. En los 80's los ingenieros empiezan a incrustar el microprocesador en sistemas mecánicos para mejorar su funcionamiento. Las máquinas de control numérico y robots se hacen ahora más compactas, y se extiende el uso de estas aplicaciones en la industria automotriz, como en el control de encendido electrónico y los sistemas de frenos antibloqueo (ABS). Aparecen desarrollos en la teoría de control moderno que abarcan desde, sistemas de control óptimo (Determinístico y Estocástico). Sistemas de control adaptativo. Hasta los sistemas de control inteligente o con aprendizaje, como los que utilizan redes neuronales, lógica difusa y algoritmos genéticos. Posteriormente en los 90's, los sistemas comunicación se añaden a esta mezcla de electrónica, y mecánica, generando productos flexibles que pueden ser conectados en grandes redes. Esto hace posible por ejemplo: la manipulación remota de brazos robots y de diferentes dispositivos de control. Al mismo tiempo, nuevos sensores y actuadores reducidos a nivel de micro-escala están siendo usados cada vez más en los nuevos productos. Sistemas micro electromecánicos, como los diminutos acelerómetros que activan los "air bags de los automotores, son ejemplos de su más reciente aplicación.

Hoy en día existen múltiples proyectos de investigación y experiencias ya realizadas o en curso de realización en el terreno de la Inteligencia Artificial (IA) y de los Sistemas Expertos.

Claramente se puede observar en esta evolución, que en el pasado el diseño de productos y de máquinas era preocupación exclusiva de los ingenieros mecánicos. Posteriormente para solucionar problemas de control y programación se integraron ingenieros de control y de sistemas. Pero la máquina sería siendo diseñada por el ingeniero mecánico, resultando en diseños poco óptimos. Como afirma Ashley' Recientemente, "el diseño de las máquinas ha sido profundamente influenciado por la evolución de la microelectrónica, la ingeniería de control, y la ciencia de la computación". Esto implica una concepción diferente en el diseño de estas

máquinas, donde se tiene que fusionar de una forma óptima estas disciplinas, y a esto es lo que se le denomina actualmente “Ingeniería Mecatrónica”.

Dentro de la BUCLA de control la comunicación hace una gran diferencia entre los métodos modernos de control permitiendo controlar remotamente las variables críticas de los procesos industriales por eso la base tecnológica del dispositivo es el Protocolo Modbus por ser un estándar industrial de amplia utilización en las industrias locales; este protocolo de comunicaciones está situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, y fue diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs) –Dispositivos Utilizados en la industria para realizar una secuencia lógica de procesos - y convertido a lo largo de los años transcurridos en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria, siendo de mayor utilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales.

La conexión se hace según el modelo OSI de la capa física a través del 232 que por décadas ha sido el número que ha representado la comunicación serial, en otras ocasiones más exactamente referido como RS232C o el EIA232, ha sido estandarizado como un interfaz de comunicación en la industria para la comunicación electrónica. Incluso se ha popularizado en computadores personales, en conexiones como el Mouse o el modem.

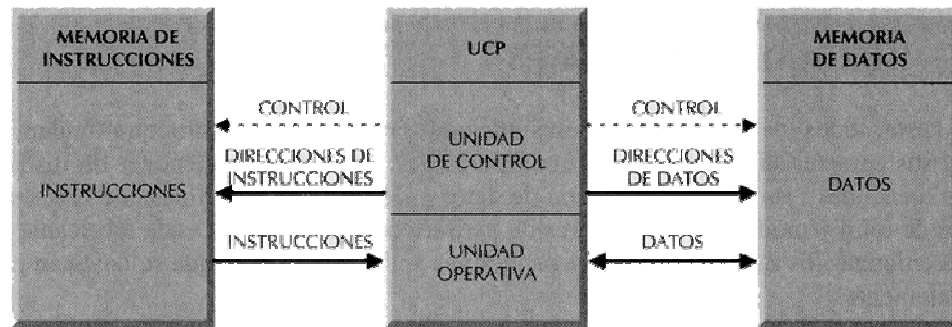
Es muy conocido como Electronic Industries Alliance RS-232C y designa una norma para el intercambio de datos serie binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (Data Communication Equipment, Equipo de terminación del circuito de datos).

Su particularidad esta en minimizar los costos de cableado a la hora de requerir conexiones entre equipos, se creo precisamente para bajar los costos excesivos de cableado en la comunicación de tipo paralelo.

El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DB-9), más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos (como el ratón serie del PC).

La arquitectura de un procesador PIC sigue el modelo Harvard en esta arquitectura, el CPU se conecta de forma independiente y con buses distintos con la memoria de instrucciones y con la de datos.

Figura 1. Modelo Harvard de la arquitectura un procesador PIC.



Fuente: Introducción a los microcontroladores [en línea]. Madrid: Ilustrados.com, 2008.. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyVFpAppyVWlriaRk.php>

La arquitectura Harvard permite a la CPU acceder simultáneamente a las dos memorias.

Todas las instrucciones de los micro controladores de la gama baja tienen una longitud de 12 bits, Las de la gama media tienen 14 bits. Esta característica es muy ventajosa en la optimización de la memoria de instrucciones y facilita enormemente la construcción de ensambladores y compiladores.

Arquitectura basada en un banco de registros significa que todos los objetos del sistema (puertos de E/S, temporizadores, posiciones de memoria, etc.) están implementados físicamente como registros. Diversidad de modelos de micro controladores con prestaciones y recursos diferentes, la gran variedad de modelos de micro controladores PIC permite que el usuario pueda seleccionar el más conveniente para su proyecto.

La empresa Microchip y otras que utilizan los PIC ponen a disposición de los usuarios numerosas herramientas para desarrollar hardware y software. Son muy abundantes los programadores, los simuladores software, los emuladores en tiempo real, ensambladores, Compiladores C, Intérpretes y Compiladores BASIC, etc.

4. MARCO TEORICO

4.1. PROTOCOLO MODBUS

La designación Modbus Modicon corresponde a una marca registrada por Gould Inc., como en tantos otros casos, la designación no corresponde propiamente al estándar de red, incluyendo todos los aspectos desde el nivel físico hasta el de aplicación, sino a un protocolo de enlace (nivel OSI 2). Puede, por tanto, implementarse con diversos tipos de conexión física y cada fabricante suele suministrar un software de aplicación propio, que permite seleccionar los parámetros de operación de sus productos. No obstante, se suele hablar de MODBUS como un estándar de bus de campo, cuyas características esenciales son las que se detallan a continuación.

4.2. ESTRUCTURA DE LA RED

4.2.1. Medio Físico. El medio físico de conexión puede ser; bus semi dúplex (half dúplex) (RS-485 ó fibra óptica) ó dúplex (full dúplex) (RS-422, BC 0-20mA ó fibra óptica). La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

4.2.2. Acceso al medio. La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

- Intercambios punto a punto, que comportan siempre dos mensajes: una demanda del maestro y una respuesta del esclavo (puede ser simplemente un reconocimiento («acknowledge»).

- **Mensajes difundidos.** Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset, etc.

4.2.3. Protocolo. La codificación de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Transmission Unit). En cualquiera de los dos casos, cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales, según se muestra en la figura 2. La única diferencia estriba en que la trama ASCII incluye un carácter de encabezamiento («:»=3AH) y los caracteres CR y LF al final del mensaje. Pueden existir también diferencias en la forma de calcular el CRC, puesto que el formato RTU emplea una fórmula polinómica en vez de la simple suma en módulo 16. Con independencia de estos pequeños detalles, a continuación se da una breve descripción de cada uno de los campos del mensaje:

Figura 2. Trama genérica del mensaje según código utilizado.



Fuente: JIMÉNEZ BUENDÍA, Manuel. Comunicaciones Industriales [en línea]. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Tecnología Electrónica, 2007. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%207.pdf

- **Número de esclavo (1 byte).** Permite direccionar un máximo de 63 esclavos con direcciones que van del 01H hasta 3FH. El número 00H se reserva para los mensajes difundidos.
- **Código de operación o función (1 byte).** Cada función permite transmitir datos u órdenes al esclavo. Existen dos tipos básicos de órdenes.

- Ordenes de lectura/escritura de datos en los registros o en la memoria del esclavo.
- Ordenes de control del esclavo y el propio sistema de comunicaciones (RUN/STOP, carga y descarga de programas, verificación de contadores de intercambio, etc.).

La tabla 1 muestra la lista de funciones disponibles en el protocolo MODBUS con sus correspondientes códigos de operación.

Tabla 1. Funciones disponible en el protocolo MODBUS.

Función	Código	Tarea
0	00 _H	Control de estaciones esclavas
1	01 _H	Lectura de n bits de salida o internos
2	02 _H	Lectura de n bits de entradas
3	03 _H	Lectura de n palabras de salidas o internos
4	04 _H	Lectura de n palabras de entradas
5	05 _H	Escritura de un bit
6	06 _H	Escritura de una palabra
7	07 _H	Lectura rápida de 8 bits
8	08 _H	Control de contadores de diagnósticos número 1 a 8
9	09 _H	No utilizado
10	0A _H	No utilizado
11	0B _H	Control del contador de diagnósticos número 9
12	0C _H	No utilizado
13	0D _H	No utilizado
14	0E _H	No utilizado
15	0F _H	Escritura de n bits
16	10 _H	Escritura de n palabras

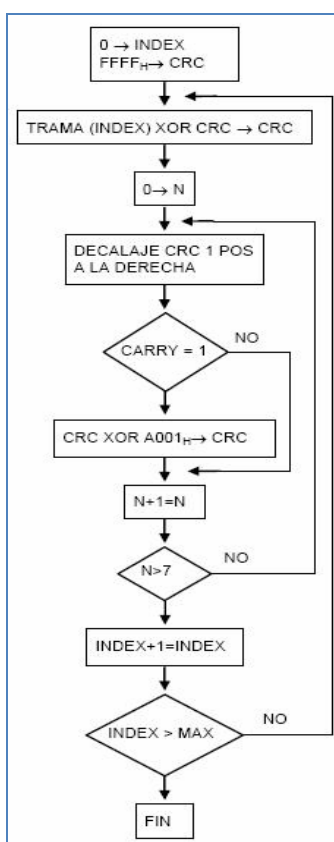
Fuente: JIMÉNEZ BUENDÍA, Manuel, Comunicaciones Industriales [en línea]. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Tecnología Electrónica, 2001. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%207.pdf

- Campo de sub-funciones/datos (n bytes). Este campo suele contener, en primer lugar, los parámetros necesarios para ejecutar la función indicada por el

byte anterior. Estos parámetros podrán ser códigos de sub-funciones en el caso de órdenes de control (función 00H) o direcciones del primer bit o byte, número de bits o palabras a leer o escribir, valor del bit o palabra en caso de escritura, etc.

- Palabra de control de errores (2 bytes). En código ASCII, esta palabra es simplemente la suma de comprobación ('checksum') del mensaje en módulo 16 expresado en ASCII. En el caso de codificación RTU el CRC se calcula con una fórmula poli nómica según el algoritmo mostrado en la figura 3.

Figura 3. Calculo del CRC codificación RTU.



Fuente: JIMÉNEZ BUENDÍA Manuel, Comunicaciones Industriales [en línea]. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Tecnología Electrónica, 2002. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%207.pdf

4.3 Descripción de las funciones del protocolo, (específicamente las 0x03, 0x06, 0x10).

- 03 (0x03) Read Holding Registers Este código de función se utiliza para leer el contenido de un bloque contiguo de registros de retención (Holding Registers, son usados como memorias en muchos de los casos) en un dispositivo alejado. En la PDU se especifica la dirección del registro que comienza y el número de registros solicitados. En la PDU los registros empiezan con cero. Por lo tanto los registros numerados 1-16 se tratan como 0-15. Los datos del registro en el mensaje de respuesta se embalan como dos octetos por el registro, con el contenido binario a la derecha justificado dentro de cada octeto. Para cada registro, el primer octeto contiene los bits de orden alto y el segundo contiene los bits de orden bajo.

Tabla 2. Dimensiones de los valores que se envían en la trama.

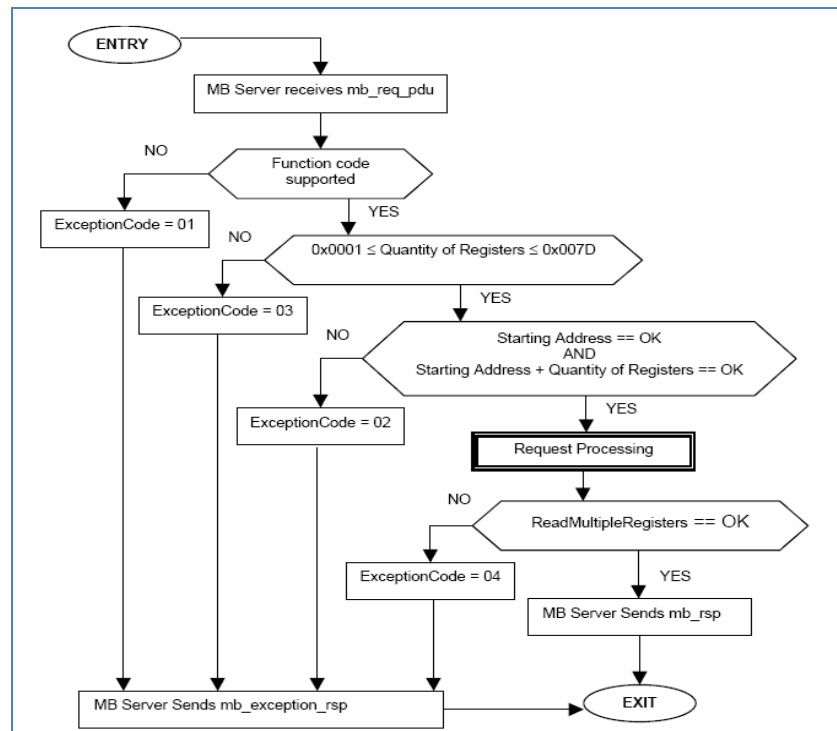
Request		
Function code	1 Byte	0x03
Starting Address	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF
Quantity of Registers	2 Bytes	1 to 125 (0x7D)
Response		
Function code	1 Byte	0x03
Byte count	1 Byte	2 x N*
Register value	N* x 2 Bytes	
*N = Quantity of Registers		
Error		
Error code	1 Byte	0x83
Exception code	1 Byte	01 or 02 or 03 or 04

Fuente: Aplicación del protocolo modbus v. 1.1 [en línea]. North Grafton: Modbus-IDA. technical resources, 2007. [Consultado 22 de agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.modbus.org/specs.php>

En la tabla 2 se puede observar las dimensiones de los valores que se envía en la trama, de la misma forma se muestra su respuesta de error, con cada uno de los códigos.

La función se ejecuta de acuerdo a la figura 4 ubicada en la siguiente pagina:

Figura 4. Secuencia de ejecución de la función 03.



Fuente: Aplicación de protocolo modbus v. 1.1 [en línea]. North Grafton: Modbus-IDA technical resources, 2005. [Consultado 22 de agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.modbus.org/specs.php>.

- 06 (0x06) Write Single Register. Este código de función se utiliza para escribir un solo registro de retención (holding register) en un dispositivo alejado. La PDU de la petición especifica la dirección del registro que se escribirá. Los registros empiezan con cero. Por lo tanto el registro numerado 1 se trata como 0.

La respuesta normal es un eco de la petición, vuelto después de que se haya escrito el contenido del registro.

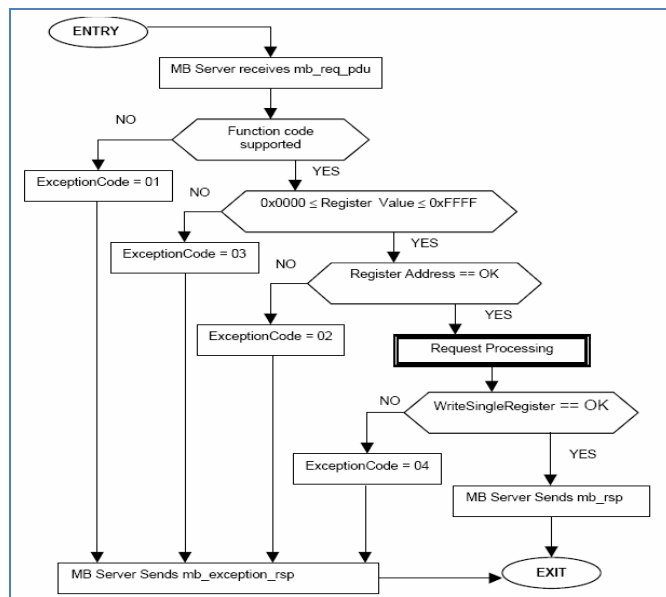
Tabla 3. Dimensiones de los valores que se envían en la trama.

Request		
Function code	1 Byte	0x06
Register Address	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF
Register Value	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF
Response		
Function code	1 Byte	0x06
Register Address	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF
Register Value	2 Bytes	0x0000 to 0xFFFF
Error		
Error code	1 Byte	0x86
Exception code	1 Byte	01 or 02 or 03 or 04

Fuente: Aplicación de protocolo modbus v. 1.1 [en línea]. North Grafton: modbus-IDA technical resources, 2005. [Consultado 22 de agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.modbus.org/specs.php>

En la tabla 3 se pueden observar las dimensiones de los valores que se envía en la trama, de la misma forma se muestra su respuesta de error, con cada uno de los códigos; La función se ejecuta de acuerdo a la figura 5:

Figura 5. Secuencia de ejecución de la función 6.



Fuente: Aplicación de protocolo modbus v. 1.1 [en línea]. North Grafton: modbus-IDA technical resources, 2005. [Consultado 22 de agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.modbus.org/specs.php>

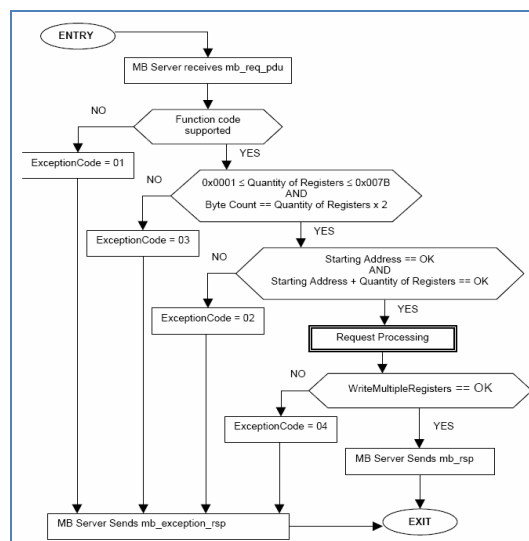
- 16 (0x10) Write Multiple registers. Este código de función se utiliza para escribir un bloque de los registros contiguos de los registros (1 a 123) en un dispositivo alejado.

Los valores escritos solicitados se especifican en el campo de petición de datos.

Los datos se embanan como dos octetos por el registro. La respuesta normal vuelve el código de la función, inicio de la dirección, y la cantidad de registros escritos.

En la tabla 4 se ven las dimensiones de los valores que se envía en la trama, de la misma forma se muestra su respuesta de error, con cada uno de los códigos. La función se ejecuta en la secuencia esquematizada en la figura 6.

Figura 6. Secuencia de ejecución de la función 16.



Fuente: Aplicación de protocolo modbus v. 1.1 [en línea]. North Grafton: modbus-IDA technical resources, 2005. [Consultado 22 de agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.modbus.org/specs.php>

- Mensajes de error. Puede ocurrir que un mensaje se interrumpa antes de terminar. Cada esclavo interpreta que el mensaje ha terminado si transcurre un tiempo de silencio equivalente a 3,5 caracteres. Después de este tiempo el esclavo considera que el carácter siguiente es el campo de dirección de esclavo de un nuevo mensaje. Cuando un esclavo recibe una trama incompleta o errónea

desde el punto de vista lógico, envía un mensaje de error como respuesta, excepto en el caso de mensajes de difusión.

Tabla 4. Mensajes de error por tipo con su código de error.

Código Función	Código función recibido + 80H
Código Error	01 Código de Función erróneo
	02 Dirección incorrecta
	03 Datos incorrectos
	04 CRC Incorrecto

Fuente: JIMÉNEZ BUENDÍA Manuel, comunicaciones industriales [en línea]. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena Departamento de tecnología electrónica, 2008. [Consultado 22 de enero de 2007]. Disponible en Internet: http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/gd6_comunic_ind/pdfs/tema%207.pdf

Si la estación maestra no recibe respuesta de un esclavo durante un tiempo superior a un límite establecido, declara el esclavo fuera de servicio, a pesar de que al cabo de un cierto número de ciclos hace nuevos intentos de conexión.

- **Nivel de Aplicación.** Como se ha dicho a nivel general de buses de campo, el nivel de aplicación de MODBUS no está cubierto por un software estándar, sino que cada fabricante suele suministrar programas para controlar su propia red. No obstante, el nivel de concreción en la definición de las funciones permite al usuario la confección de software propio para gestionar cualquier red, incluso con productos de distintos fabricantes.

5. DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

5.1. METODOLOGIA

En la tabla 5 se define las fases en las que se dividirá el proyecto y las actividades que se desarrollarán durante cada fase.

Tabla 5. Fases en las que se divide el proyecto.

FASE	ACTIVIDADES
• CRONOGRAMA	- Cronograma
• IDENTIFICACION DE NECESIDADES	- Definir el tipo de necesidades del Cliente. - Tecnificar los requerimientos del Cliente. - Realización de métricas. -Realización de la casa de la Calidad (QFD).
• INGENIERIA INVERSA	- Procedimiento de sustracción y operación (SOP).
• GENERACION DE CONCEPTOS	- Descomposición funcional - Búsqueda externa e interna. - Exploración sistematizada.
• SELECCIÓN DE CONCEPTOS	- Métodos y técnicas para evaluar conceptos. - Matriz de selección.
• ARQUITECTURA DEL PRODUCTO	- Selección de arquitectura de producto. - Diseño de Chunks. - Distribución geométrica (Layout). - Interacciones entre conjuntos.
• DISEÑO INDUSTRIAL	- Evaluación de las necesidades ergonómicas y estéticas. - Evaluación de la calidad del diseño industrial.
• DISEÑO PARA MANUFACTURA	- Estimación de los costos de manufactura. - Diseño para ensamble.
• PROTOTIPADO	- Diseño de prototipos. - Pruebas en prototipos.
• DISEÑO DETALLADO	- Desarrollo del diseño detallado.

5.1.1. Cronograma de Actividades general. En la tabla 6 se enseña la relación de actividades a realizar en función del tiempo (meses), en el periodo de ejecución del proyecto, y en la tabla 7 el detalle de las actividades a realizar.

Tabla 6. Cronograma de actividades general.

ETAPA	MES					
	1	2	3	4	5	6
Recopilación de Información	Enero					
Selección de conceptos		Febrero				
Experimentos		Febrero	Marzo			
Desarrollo			Marzo	Abril	Mayo	
Pruebas de campo					Mayo	Junio

Tabla 7. Detalle de cronograma de actividades En Project 2003.

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Prede	Nombres de los recursos	Semestre 2, 2003	Semestre 2, 2006	Semestre 2, 2006
							J A S O N D E F M A M J J A S O N D	J A S O N D E F M A M J J A S O N D	J A S O N D E F M A M J J A S O N D
1	Dispositivo RTU (Remote Terminal Unit)	0 días	mié 31 ene '07	mié 31 ene '07		Jose Feghali, Andres Ferna			
2	parte logica(Software)	198 días	jue 01 feb '07	lun 05 nov '07	1	Jose Feghali			
3	Adquisicion	66 días	mié 02 may '07	mié 01 ago '07	1	Jose Feghali, Andres Ferna			
6	comunicación RTU	67 días	jue 02 ago '07	vie 02 nov '07	3	Jose Feghali			
7	control	33 días	jue 02 ago '07	lun 17 sep '07		Jose Feghali, Andres Ferna			
8	funcion para asignar nu	33 días	jue 02 ago '07	lun 17 sep '07		Jose Feghali			
9	recepcion	34 días	mar 18 sep '07	vie 02 nov '07	8	Jose Feghali, Andres Ferna			
10	envio	34 días	mar 18 sep '07	vie 02 nov '07	8	Jose Feghali			
11	gestion(DATOS)	198 días	jue 01 feb '07	lun 05 nov '07	3,6	Jose Feghali, Andres Ferna			
12	menu de control por teclado	2 días	jue 01 feb '07	lun 05 nov '07		Jose Feghali			
13	parte fisica(Hardware)	87 días	jue 01 feb '07	vie 01 jun '07	1	Andres Fernandez			
14	tarjeta madre	45 días	jue 01 feb '07	mié 04 abr '07	2	Jose Feghali, Andres Ferna			
15	topologia	20 días	jue 01 feb '07	mié 28 feb '07	18	Jose Feghali			
18	Selecion de procesador	20 días	jue 01 feb '07	mié 28 feb '07	2	Jose Feghali, Andres Ferna			
20	PIC 16F877A	45 días	jue 01 feb '07	mié 04 abr '07		Jose Feghali			
21	parte logica(Software)	18 días	jue 01 feb '07	lun 26 feb '07	2,14	Jose Feghali			
22	pantalla	18 días	jue 01 feb '07	lun 26 feb '07		Andres Fernandez, Ferna			
26	teclado	17 días	jue 01 feb '07	vie 23 feb '07	22	Jose Feghali			
28	Consecución caja	87 días	jue 01 feb '07	vie 01 jun '07	21,14	Jose Feghali, Andres Ferna			
29	Construcion caja	84 días	jue 01 feb '07	mar 29 may '07		Jose Feghali			
30	modelado 3d en Solid Edge	84 días	jue 01 feb '07	mar 29 may '07		Jose Feghali, Andres Ferna			
31	partes posterior, Laterales,	84 días	jue 01 feb '07	mar 29 may '07		Jose Feghali			
32	ensamble	84 días	jue 01 feb '07	mar 29 may '07		Andres Fernandez			
33	Inferior	85 días	jue 01 feb '07	mié 30 may '07		Jose Feghali, Andres Ferna			
40	laterales	87 días	jue 01 feb '07	vie 01 jun '07		Jose Feghali			
51	metodo de concesucion	87 días	jue 01 feb '07	vie 01 jun '07		Jose Feghali, Andres Ferna			
53	metodo de sujecion(si e	87 días	jue 01 feb '07	vie 01 jun '07		Jose Feghali			
56	ensamble	1 día	lun 26 mar '07	lun 26 mar '07		Jose Feghali, Andres Ferna			
57	pruebas	1 día	lun 26 mar '07	lun 26 mar '07		Jose Feghali			
58	entrega	107 días	lun 05 feb '07	mar 03 jul '07		Andres Fernandez			

5.1.2. Identificación de necesidades. Las necesidades se apoyan en las siguientes bases, Ver tabla 8.

- **El sistema debe Adquirir Datos:** el dispositivo se encarga de adquirir datos de forma análoga y convertirlos a digital para su procesamiento.
- **El sistema debe Enviar Datos:** el sistema debe comunicarse con una central o con un maestro para el envío de los datos por cable o inalámbrica.
- **El sistema debe usar protocolos de comunicación:** el sistema para poder enviar los datos debe utilizar un tipo de protocolo con el cual se van a enviar los datos.
- **El sistema debe ser estético extremadamente:** el dispositivo debe tener un cuerpo aceptable para su comercialización, pero sus características de tamaño y forma deben estar bajo parámetros estándar.
- **El sistema debe tener mínimo 4 entradas:** el sistema manejará un mínimo de 8 variables a censar y procesar para su envío (numérico).
- **El sistema debe tener estándares industriales:** el sistema estará implementado en la industria y debe seguir todas las normas internacionales para su óptimo trabajo.
- **El sistema debe ser de fácil construcción:** el dispositivo debe tener un proceso de producción que utilice tecnologías existentes o en desarrollo.
- **El sistema debe tener una interface amigable o intuitiva:** el usuario requiere que el mando del dispositivo no sea muy complicado y use pocos botones y un menú muy intuitivo.
- **El sistema debe poseer rieles para su ajuste:** esta característica se debe a que existen soportes en forma de matriz y aseguran los dispositivos industriales con rieles.

- **El sistema debe trabajar a 24 voltios:** como estándar industrial los dispositivos de adquisición o de control deben trabajar a 24 voltios.
- **El sistema debe tener un tamaño compacto:** el dispositivo debe tener unos tamaños mínimos de dimensión para que pueda situarse en la matriz.
- **El dispositivo no debe ser muy costoso:** el dispositivo debe ser de un precio igual o menor que los de la competencia, presentándose como alternativa.

Tabla. 8. Jerarquización de las necesidades.

Necesidad	Importancia
El sistema debe adquirir datos	5
El sistema debe enviar datos	5
El sistema debe usar protocolos de comunicación MODBUS RTU.	5
El sistema debe ser estético externamente.	5
El sistema debe tener mínimo 8 entradas.	4
El sistema debe tener estándares industriales.	5
El sistema debe ser de fácil construcción.	4
El sistema debe tener una interface intuitiva.	3
El sistema debe poseer rieles para su ajuste.	5
El sistema debe trabajar a 24 voltios.	5
El sistema debe tener un tamaño compacto.	4
El dispositivo no debe ser muy costoso	4

Después de identificar de las necesidades que el producto debe satisfacer se estableció la correlación entre estas necesidades con sus respectivas especificaciones de ingeniería, como se puede apreciar en la tabla 9.

Tabla. 9. Necesidades y sus métricas.

Necesidad	Métrica
El sistema debe adquirir datos	Captura y Envío de datos
El sistema debe enviar datos	
El sistema debe usar protocolos de comunicación MODBUS	Protocolo de

RTU.	Comunicación
El sistema debe ser estético externamente El sistema debe tener mínimo 8 entradas El sistema debe tener estándares industriales El sistema debe poseer rieles para su ajuste El sistema debe tener un tamaño compacto El dispositivo no debe ser muy costoso	Producto Estético
El sistema debe tener mínimo 8 entradas 5	Numero de entradas
El sistema debe tener estándares industriales El sistema debe ser de fácil construcción El sistema debe poseer rieles para su ajuste El sistema debe trabajar a 24 voltios	Dispositivo Estándar
El sistema debe trabajar a 24 voltios	Voltaje de Alimentación
El sistema debe tener un tamaño compacto	Dimensiones del Dispositivo
El dispositivo no debe ser muy costoso	Costos de desarrollo

5.1.3. Ingeniería Inversa. Se realizó un proceso de Ingeniería Inversa a varios productos en los cuales tenían características deseables y alcanzables en cuanto al diseño y construcción de la carcasa (Convertidor Foxboro 731), la parte frontal y la posterior de la Caja 1/4 DIN Panel Instrument Cases FUTURA Gaurang Electronic Industries.

A continuación se describe el procedimiento realizado de Ingeniería inversa realizado al transductor Foxboro 731 para analizar la constitución de la carcasa para posteriormente describir un método de fabricación artesanal para la misma.

Herramientas necesarias. A continuación se describen la herramientas usadas.

- desarmador de pala y cruz y recipientes de diferentes dimensiones, para guardar las partes de dispositivo.
- Espacio adecuado: mesa, Lápiz papel, cámara digital, cinta para etiquetar.

Procedimiento de disección.

- **Examen externo del convertidor.** Caja negra 16,5 cm. de largo x 9,8 cm. de ancho x 9,6 de alto parte frontal posee un pantalla de 6,5 cm. de ancho x 4 cm.

de alto, debajo de la pantalla están los botones de control del dispositivo, además de dos tornillos para pala que sostienen el panel frontal al chasis, la parte trasera contiene dos líneas de bornera que suman 36 contactos de tornillo para pala, también esta aferrada al chasis por medio de 4 tornillos de terraja de 3 ¼ de pulgada de cabeza ovalada para desatornillador de cruz.

Figura 7. Imágenes de la parte externa del convertidor.



Examen interno del convertidor.

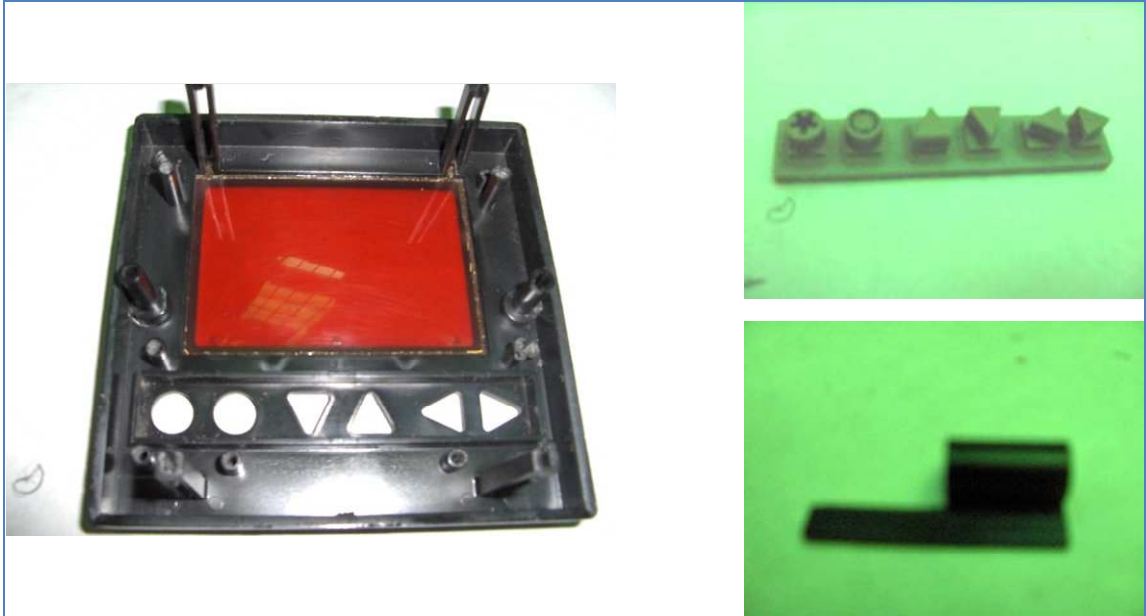
- Después de destapar se observan tres tarjetas, la primera paralela a la tapa frontal que esta al fondo y otras dos tarjetas que están de forma perpendicular a esta. La parte central de la caja esta libre.
- No todas las conexiones de las borneras son utilizadas.
- No se pueden sacar las tarjetas, primero se debe destornillar los tornillos de la tapa frontal.
- Se extrae la tapa de adelante desatornillándola, posee dos tornillos de ¼ pulgada, la tapa delantera es extraída junto con las 3 tarjetas juntas, se observa que existe 1 plaqueta mas que estaba cubierta por la plaqueta que es paralela a la caja frontal.

Figura 8. Imágenes de la parte interna del convertidor.



- El molde de aluminio que corresponde a la carcasa del producto posee una pieza de ajuste hecha en PVC que permite el ajuste y soporte de las plaquetas y la tapa frontal.
- Este pieza de ajuste posee 6 tornillos 4 de ellos son de soporte miden $1 \frac{1}{4}$ pulgada forma cruz y están en los vértices de la caja, los dos restantes miden $1 \frac{3}{8}$ y aseguran en 2 sujetadores que están en los centros laterales en la caja.
- Las plaquetas están soportadas y ajustadas por la tapa frontal que posee 4 seguros, 2 para cada plaqueta que esta perpendicular a ella y a su vez la placa paralela esta atornillada a la tapa frontal. Además las placas paralelas tiene dos separadores que sirven como soportes, y se pueden retirar presionando los seguros de sus respectivas cabezas.


Figura 9. Imágenes de la parte interna de la tapa frontal y los botones de accionamiento.




A continuación, en la figura 10 se describe uno de los dispositivos electrónicos de monitoreo de corriente de la casa de ingeniería Velásquez, del cual hubo inquietud sobre la parte posterior y frontal por su simpleza.


Las figuras 11 y 12 muestran la descripción de las cajas de la marca Gaurang que tenemos a disposición para importación, de esta tomamos la idea de desarrollar la parte frontal con un teclado de membrana táctil y la parte posterior se puede desarrollar de forma artesanal con técnicas de moldeo de resina.

Figura 10. Amperímetro examinado de la casa de ingeniería Velásquez.



Amperímetro análogo






Descripción

Dispositivo que mide y presenta el valor medio de la corriente, mediante una aguja que se ubica en el número o la fracción del valor presentado en un panel de indicación.

Es importante tener la corriente adecuada para la cual fueron diseñados los diferentes dispositivos conectados al sistema. Salirse de éste rango de operación puede ser motivo de deterioro de los mismos.

Cuando existen tecnologías apropiadas para aplicaciones que no ameritan mucha precisión y son más económicas, no es necesario realizar inversiones innecesarias. Pensando en esto VELASQUEZ comercializa los amperímetros análogos.






Aplicaciones

El amperímetro análogo puede utilizarse en:

- Tableros eléctricos
- Plantas eléctricas
- Maquinaria industrial



Beneficios al consumidor

En el amperímetro análogo que comercializamos usted encontrará:


- Amplia gama de rangos de corriente
- Disponibilidad de entrega
- Y nuestro mejor producto... SERVICIO y GARANTIA.

En corriente directa podrá encontrar las siguientes escalas:

- 0 - 5 ADC
- 0 - 10 ADC
- 0 - 50 ADC



Características

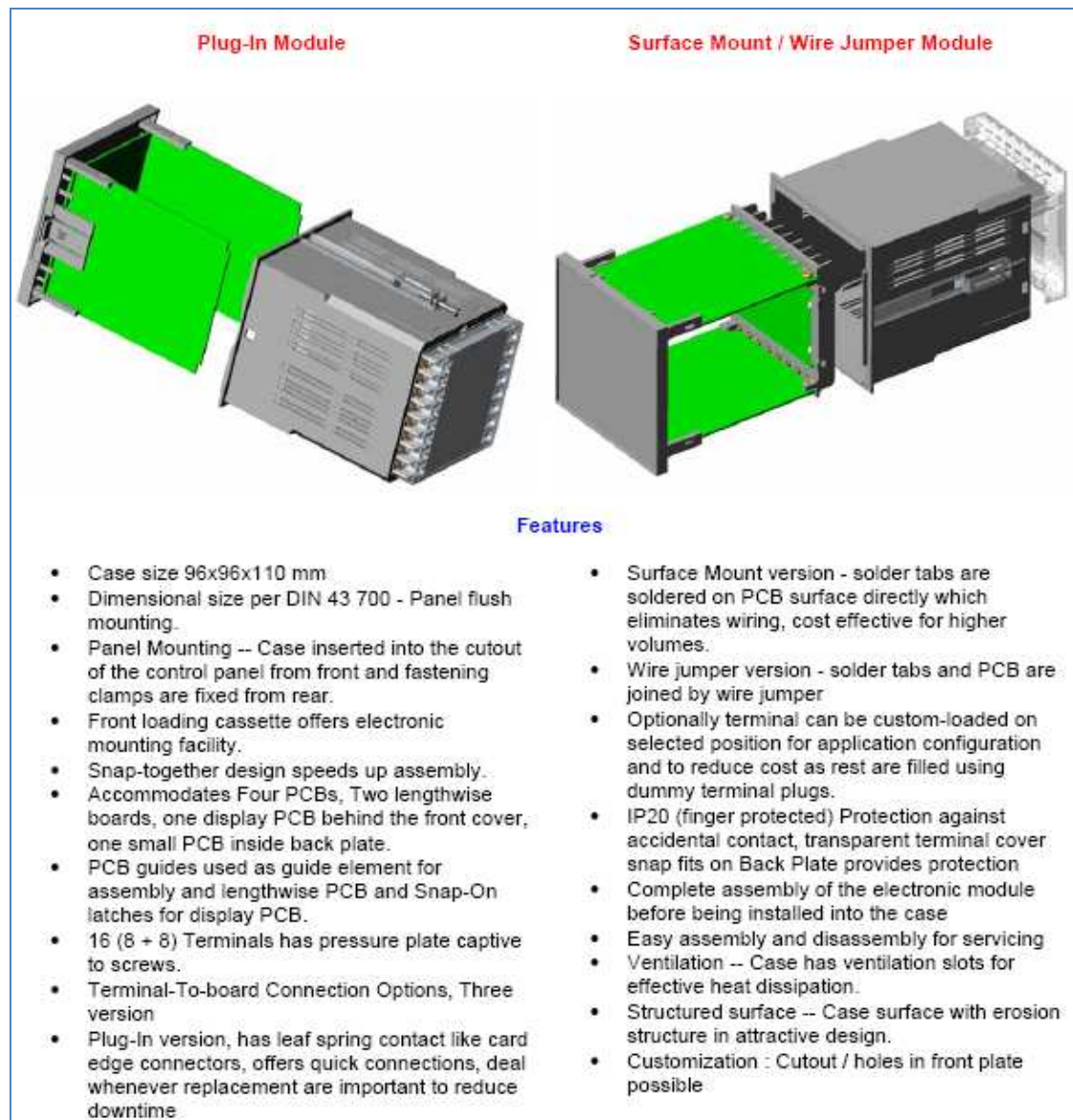


Especificaciones

- Marco: 72x72 mm

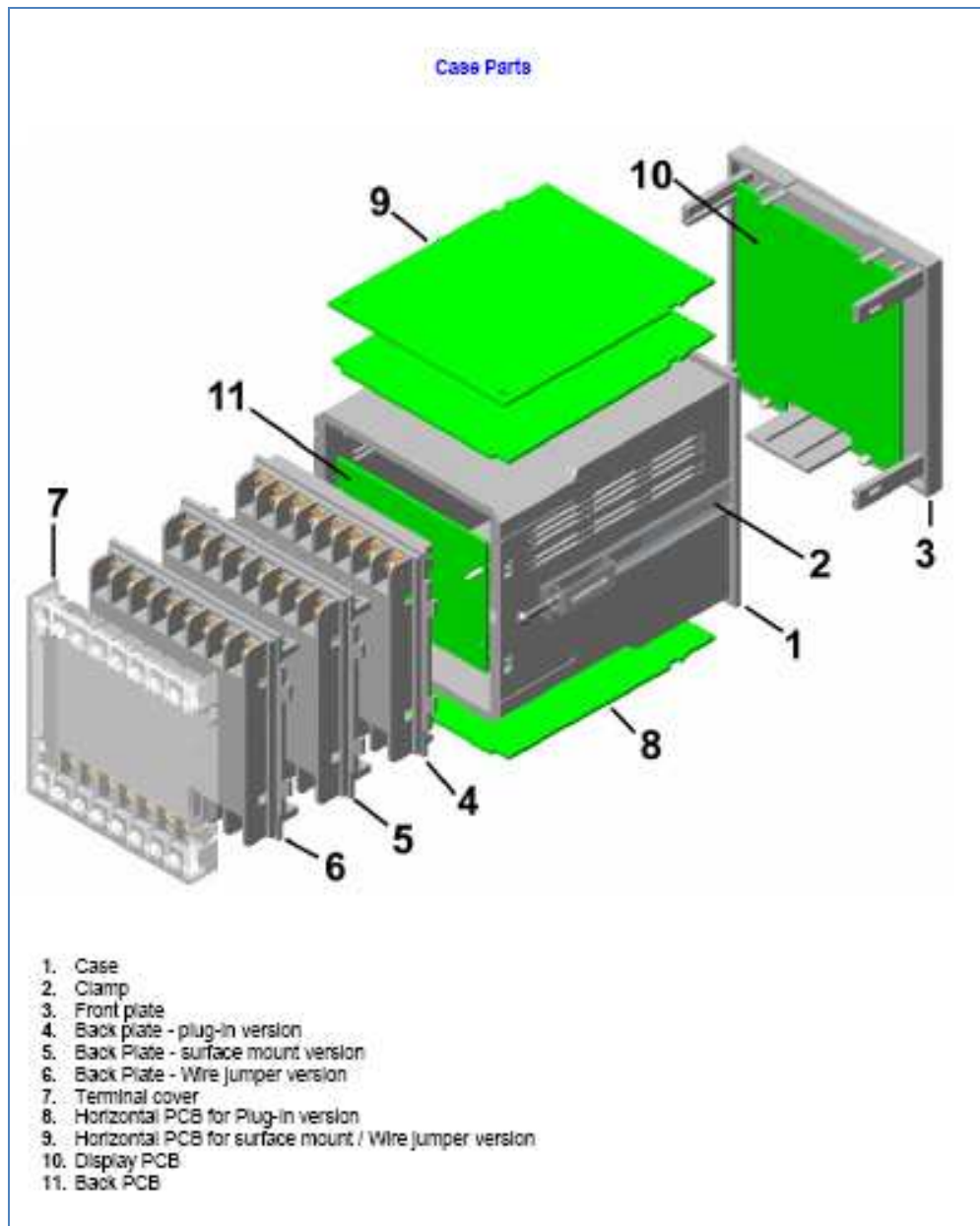
Fuente: Catalogo virtual de productos [en línea]. Santiago de Cali: Velasquez Ingenieros Asociados, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.velasquez.com.co/>.

Figura 11. Imagen de la caja Futura de 96*96*110 mm de la marca Gaurang (opción 1).



Fuente: Din panel cases [en línea]. Mumbai: Gaurang Electronic, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.gaurang.com/dpc.htm/>.

Figura 12. Imagen de la caja Futura de 96*96*110 mm de la marca Gaurang en desarme.



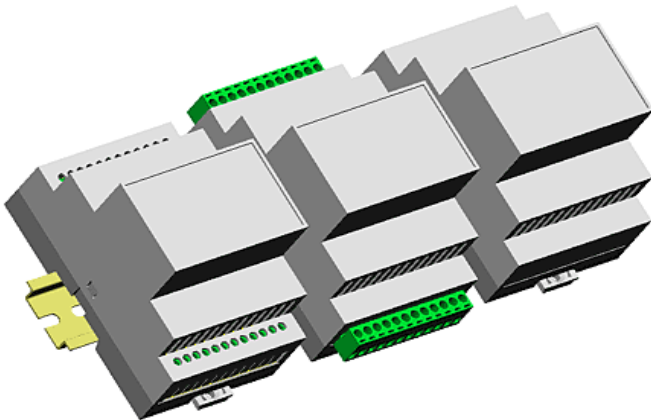
Fuente: Din panel cases [en línea]. Mumbai: Gaurang Electronic, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.gaurang.com/dpc.htm/>.

Para aplicaciones donde se necesite el modulo sin una interface visual se puede realizar con un riel del tipo mostrado en la figura13.

Figura 13. Modulo sin interface visual y riel de la empresa Gaurang.

MODULBOX-DUALMOUNT – 70

<http://www.gaurang.com/pdf/Modulbox-70.pdf> Modulbox-Dualmount-70 - a versatile, compact enclosure is ideal for housing medium size control devices. Modulbox offers wide designing option with three ways in PCB mounting and with customer specific solution in termination / connectors. Enclosure is having wall as well as DIN rail mounting facility. It is designed as per DIN 43880 has cover face of 45mm high enables it to mount within large international style enclosures / distribution system with 45 mm cutouts like MCB. Modular enclosure offers packaging to wide range of applications from Instrumentation, automotive industry to home/building automation. Typical applications are Relays, Timers, Transducers, Transmitters, Thermostat, Sensing and Monitoring Devices.



Features Dimensional size per DIN 43 880 - Can be mounted with Distribution system along with MCB Knockout blanks for individual terminal configuration

- Snap-together design speeds up assembly.
- Three PCBs provision - Base PCB fixed on Base Plate, Vertical and Horizontal PCBs for which cover has integral molded guides.
- Innovative Clips design facilitates Wall / Rail Mount to Enclosures by changing its position in Base plate.
- Max. 24 Terminal (12+12) - standard 5mm pitch fixed OR Plug-In type.
- Closed cover available for front side mating connectors like D-sub OR for any other option
- Air ventilation - having slots for ventilation.
- Protection - IP20 (finger protected) Protection against accidental contact
- Terminals are optional - Enclosure supplied with / without terminals - customer can use standard commercial terminal available of their choice.

Fuente: Din panel cases [en línea]. Mumbai: Gaurang Electronic, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.gaurang.com/dpc.htm/>.

5.1.4. Generación de Conceptos: para generar conceptos que nos permitan evaluar las mejores alternativas de diseño posibles para esto nos valemos del concepto de caja negra para evaluar el dispositivo en función de sus entradas y sus salidas.

Figura 14. Concepto de caja negra Entradas y salidas del dispositivo.

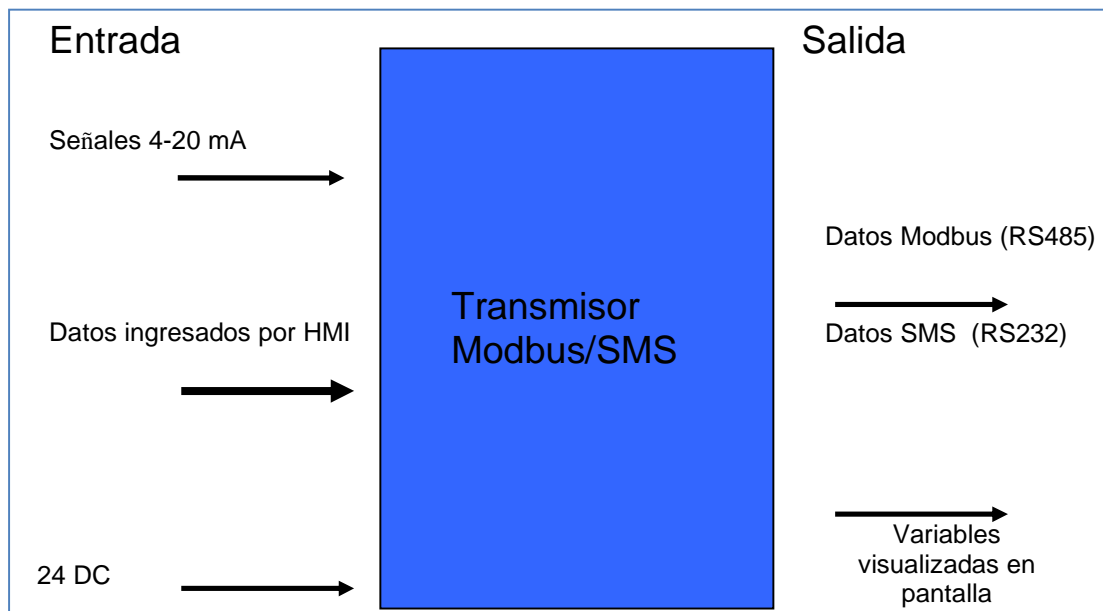
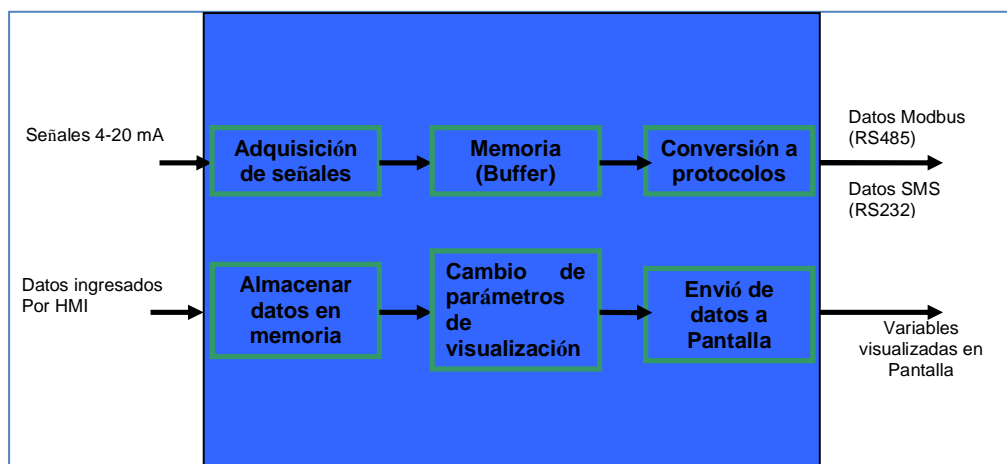


Figura 15. Concepto de caja negra Entradas y salidas de información analógica y digital.



Debido a la facilidad de la utilización de fuentes externas que generalmente acompañan la implementación del dispositivo, el cual fue pensado para trabajar contiguo a un PLC, se decidió utilizar la fuente del PCL.

➤ **Búsqueda Externa.** Las figura 16 a 19 muestran imágenes que corresponden a muestras existentes en el mercado internacional de dispositivos de comunicación por Protocolo Modbus RTU ASCII A RS-232.

Le **VIGIL-K** est un module de télémetrie et d'enregistrement de données avec GSM intégré.

Figura 16. Modulo de telemetría de la marca VIGIL-K

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> VIGIL-K Module de télémetrie avec modem GSM intégré </div>	
Applications : <ul style="list-style-type: none"> ✓ Suivi des températures dans les frigos, climatisation ✓ Maintenance ✓ Stations d'épuration, distribution d'eau, mesures de niveau ✓ Energie ✓ Pesage (silos) ✓ Protection cathodique 	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> 8 entrées analogiques 8 entrées digitales 8 sorties digitales </div>  </div> <p>Le VIGIL-K est un module de télémetrie et d'enregistrement de</p> Caractéristiques : <ul style="list-style-type: none"> • Transmission d'alarmes à distance par messages SMS • Data logger intégré (option) • Mesure et commande à distance (SMS, DATA) • Entrées : 8 entrées analogiques (V, I ou température) 8 entrées digitales (événements ou comptage ou watchdog) • Sorties : 8 sorties digitales (relais) • Simplicité de mise en oeuvre et d'utilisation • Adaptation possible à des applications OEM • Communication avec logiciels de gestion d'alarmes & SCADA (Modbus RTU) • Envoi de SMS à partir de commandes Modbus • Fonction watchdog : envoi d'un SMS si disparition de la liaison Modbus ou si un bit n'est pas mis à 1 durant un temps prédéfini

Fuente: *Module de télémetrie et d'enregistrement de données avec gsm intégré.* [en línea]. Chemin de la Fourtrouse, 2005. [Consultado 22 de agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.kelatron.fr/apenregistreurs.htm>

Tabla 10. Costo del equipo TS6 de Laurel.

Transmitter Type	TS6 Serial input transmitter, 4-20 mA, 0-20 mA or 0-10V output.	\$175
Power	0 95-240 Vac or 90-300 Vdc	NC
	1 Isolated 12-30 Vac or 10-48 Vdc.	\$30
Setpoint Output	0 None.	NC
	2 Isolated Dual Solid State Relays.	\$30
Accessories	CBL03 RS-232 cable, TS to computer.	\$19
	CBL02 USB to RS-232 cable adapter.	\$39

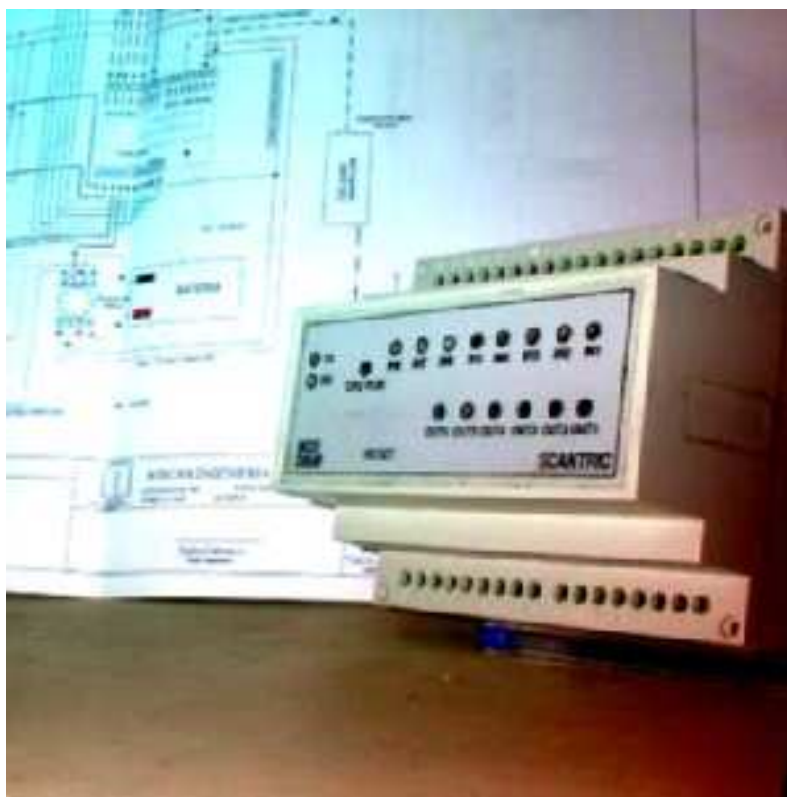
Fuente: Instrumentation & displays laureate™ modbus laurel ascii protocol serial output din rail transmitters [en línea]. Costa Mesa: laureate™, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.laurels.com/transmitters-modbus.htm>

(Cont.: Equipo de Similares características).

Costo Aproximado mas importación de 500 unidades desde Norte América
\$470.000.00 pesos

SCANTRIC D86-M8

Figura 17. *SCANTRIC D86-M8 Data Acquisition Module*



Fuente: Applications scantric d86-m8 data acquisition module [en línea]. Santiago Chile: automation & technology, 2001. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.atecna.cl/nproducts/engscantricsms.htm>

Tabla 11. Descripción de los puertos de dispositivo de *SCANTRIC*

Terminal Description			
No.	Function	No.	Function
1	Power Supply +Vcc	16	OC Output 5
2	Power Supply GND	17	OC Output 6

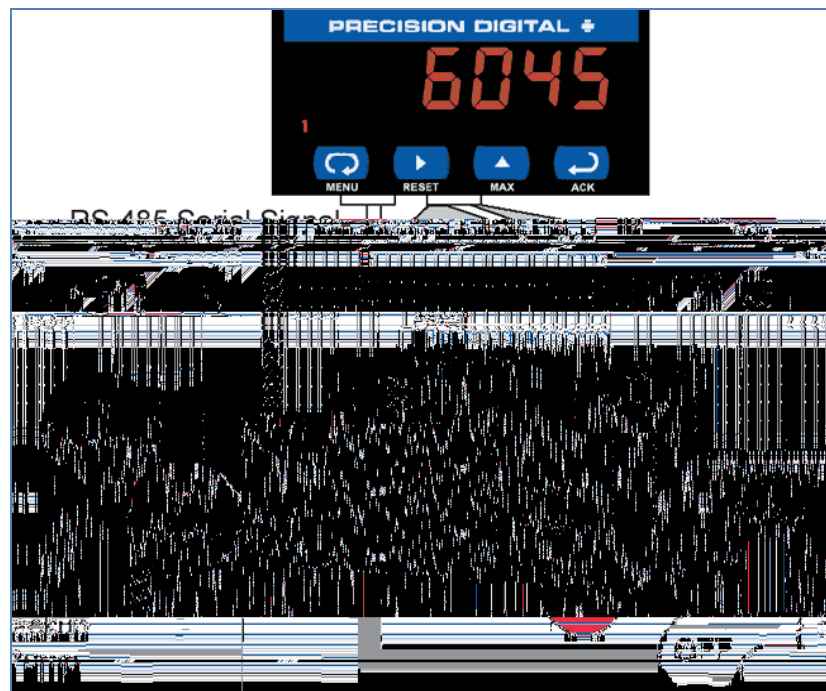
3	RTS	26	Input GND
4	RD	27	Input GND
5	DCD	28	Analog/Digital Input 1
6	TD	29	Analog/Digital Input 2
7	GND Output	30	Analog/Digital Input 3
10	Output GND	31	Analog/Digital Input 4
11	Output GND	32	Analog/Digital Input 5
12	OC Output 1	33	Analog/Digital Input 6
13	OC Output 2	34	Analog/Digital Input 7
14	OC Output 3	35	Analog/Digital Input 8
15	OC Output 4		
POWER Supply		10 - 24 Vdc	
Consumption		< 100 mA	
Communication Port		RS-232 Serial Asynchronous	
Communication Protocols			
<ul style="list-style-type: none"> D86-M8-MODBUS D86-M8-Repeater (When not configured as repeater) D86-M8-SMS 		MODBUS RTU MODBUS RTU SMS	
Operation Temperature		-10°C to 60°C	
Inputs		8	
Input Voltage Level		0 - 5 V	
Overall Analog Input Accuracy		0.5 %	
Open Collector Oputputs		6	
Maximun Output Sink		200 mA	
Dimensions		length x width x height = 105 x 90 x 70 mm	
Mounting		DIN rail	
Visual Indications		Eighteen 3mm leds (POWER, TX, RX, CPU RUN,	

	INPUTS and OUTPUTS
--	-----------------------

Fuente: Applications scantronic d86-m8 data acquisition module [en línea]. Santiago Chile: Automation & Technology, 2001. [Consultado 22 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.atecna.cl/nproducts/engscantricsms.htm>

El costo del equipo *SCANTRIC*. Costo Aproximado mas importación de 500 unidades desde Norte América \$530.000.00 pesos

Figura 18. Bucle Digital de control Automático de una planta se bosqueja la Participación de nuestro dispositivo en el Bucle Digital de control Automático de una planta o proceso en este caso un tanque al cual se le realiza control de nivel

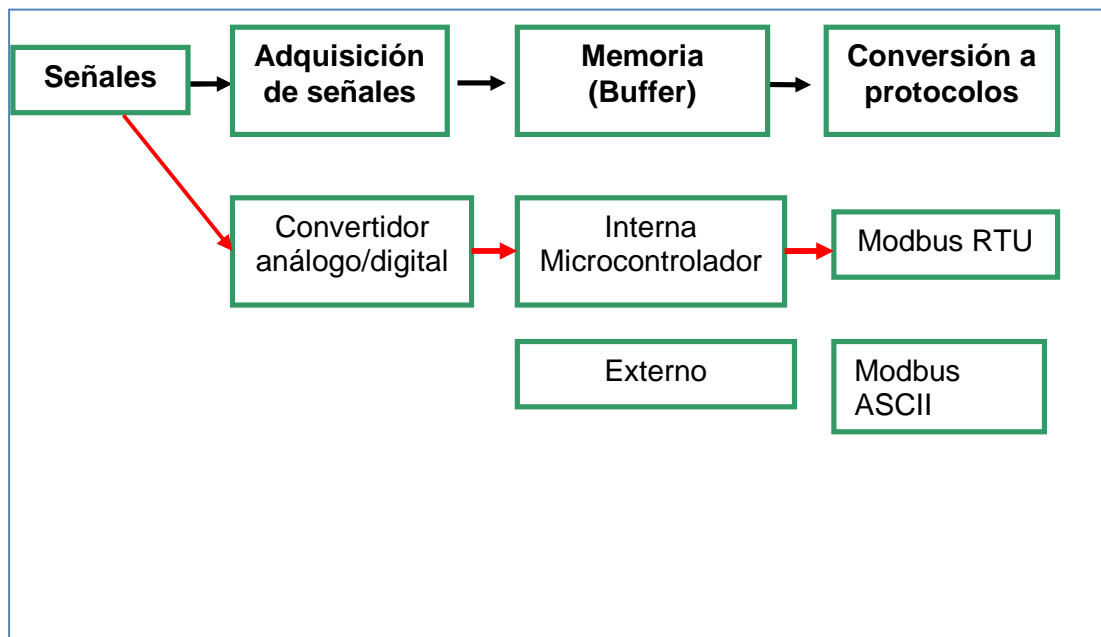


Fuente: Din panel Cases [en línea]. Mumbai: Gaurang Electronic, 2008. [Consultado 22 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.gaurang.com/dpc.htm/>

5.1.5. Selección de Conceptos. En esta parte del documento se toma las decisiones que orientaran el diseño del dispositivo sobre las bases de nuestro análisis y las peticiones echas por la empresa Kamati Ltda.

➤ **Combinación de conceptos.** La Figura 20 muestra la trayectoria de una línea roja que muestra las decisiones tomadas para el desarrollo del dispositivo para esta para la parte de captura de señales análogas y posterior empaquetamiento en el protocolo Modbus.

Figura 19. Trayectoria tomada para dar solución al tema de captura de variables análogas.



En resumen el dispositivo está organizado de la siguiente manera: la parte física compuesta por la adquisición de las señales análogas, la memoria que convierte las señales análogas a digitales y por último las envía con un protocolo por SMS.

5.1.6. Arquitectura de productos. El producto se concibió bajo un modelo de arquitectura modular como muestra la Figura 21, Lo que nos permitió observar y analizar de manera mas simple las diferentes fortalezas e inconvenientes del dispositivo, Aunque la naturaleza del dispositivo es la de ser un dispositivo de bajo costo, Que permita ser reemplazado sin mayores contratiempos, No se considero la posibilidad de poder realizársele un mantenimiento a sus partes, Es decir si el dispositivo falla por algún motivo, El camino a tomar es el de reemplazar la unidad dañada por una nueva.

Figura 20. Arquitectura de productos Modular General.

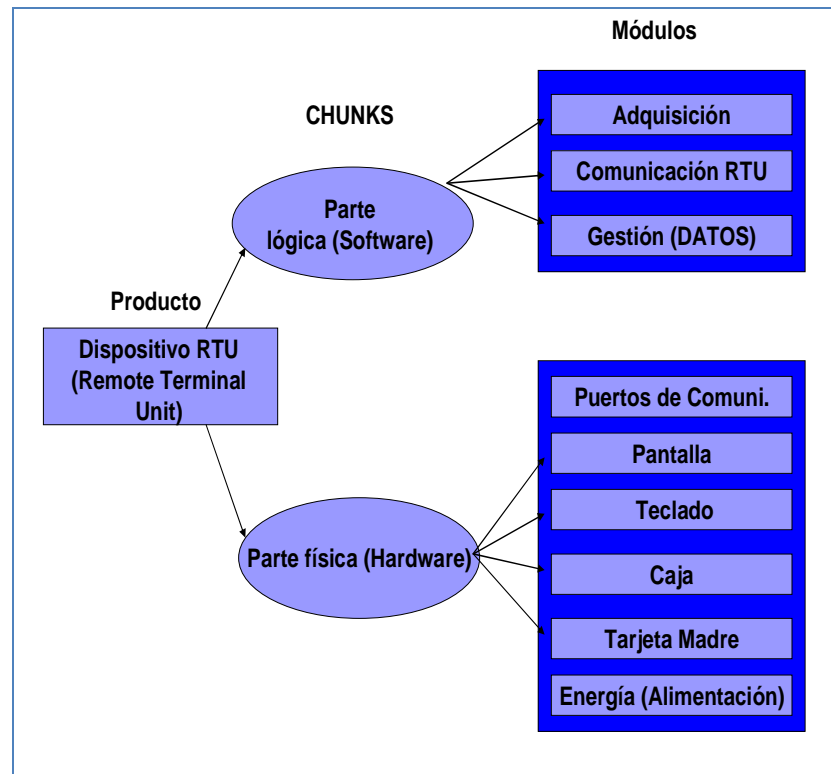


Figura 21. Arquitectura de productos Módulos del Software.

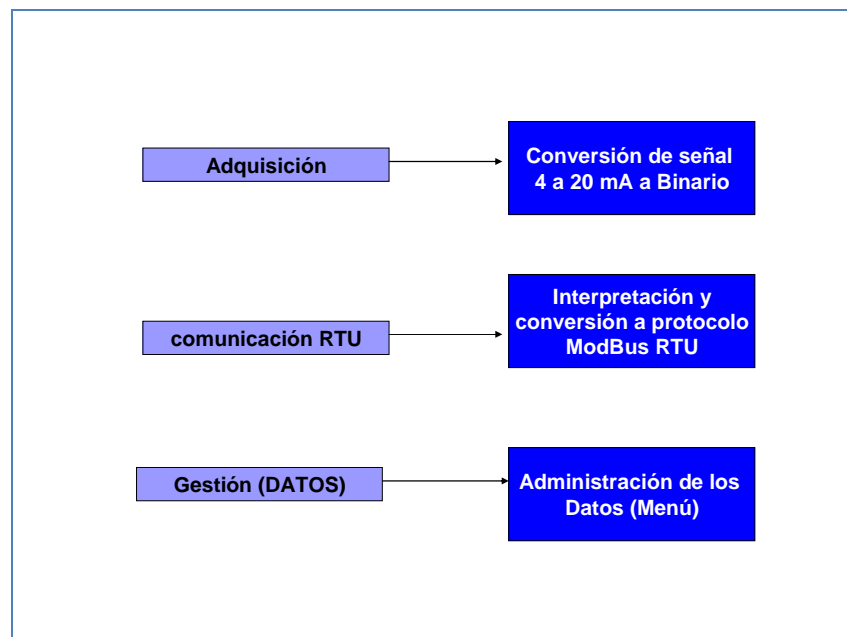


Figura 22. Arquitectura de productos Modular partes principales y sus funciones.

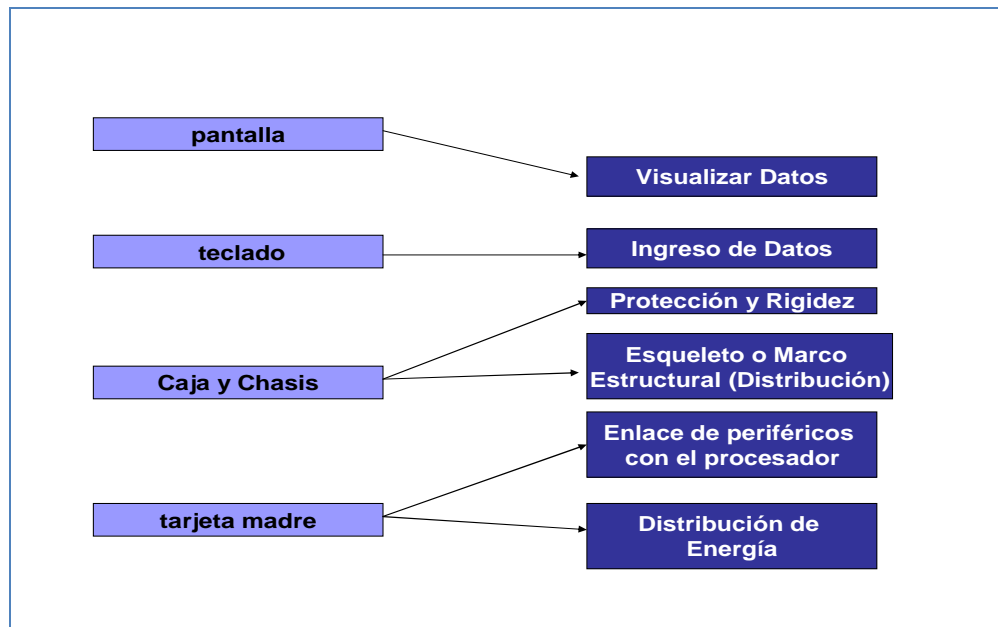


Figura 23. Interacción Fundamental. En la siguiente graficaubicada en la pagina 53 se muestra las principales interacciones ocurridas durante el proceso de funcionamiento del producto.

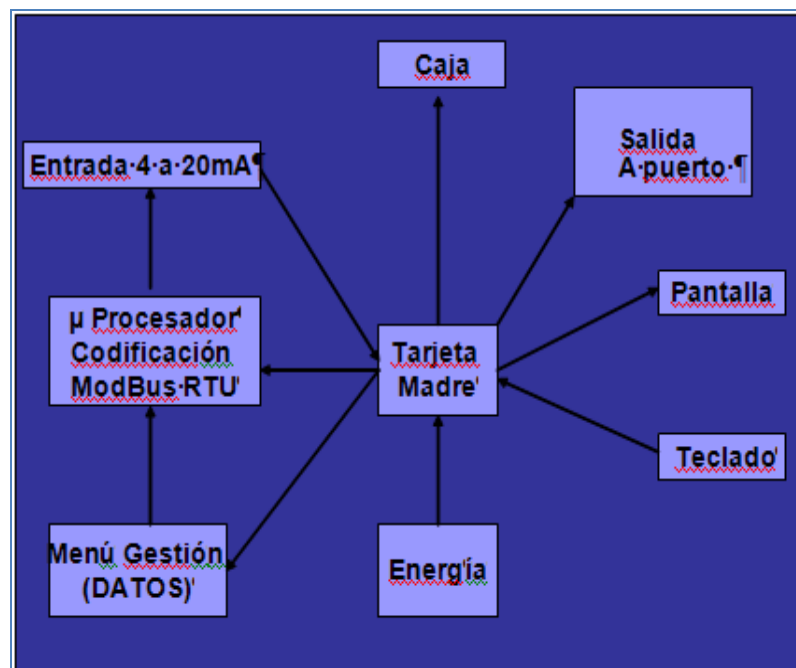


Figura 24. Interacción Incidental.

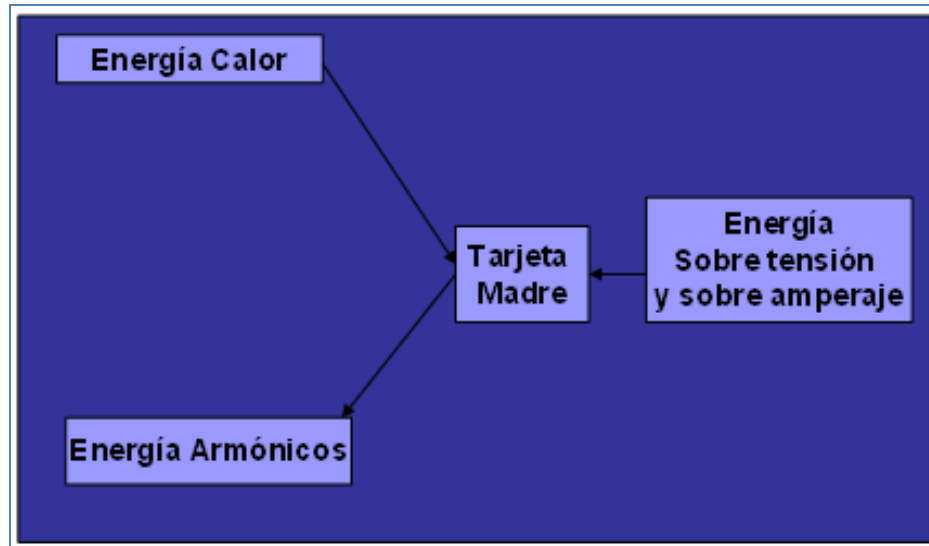
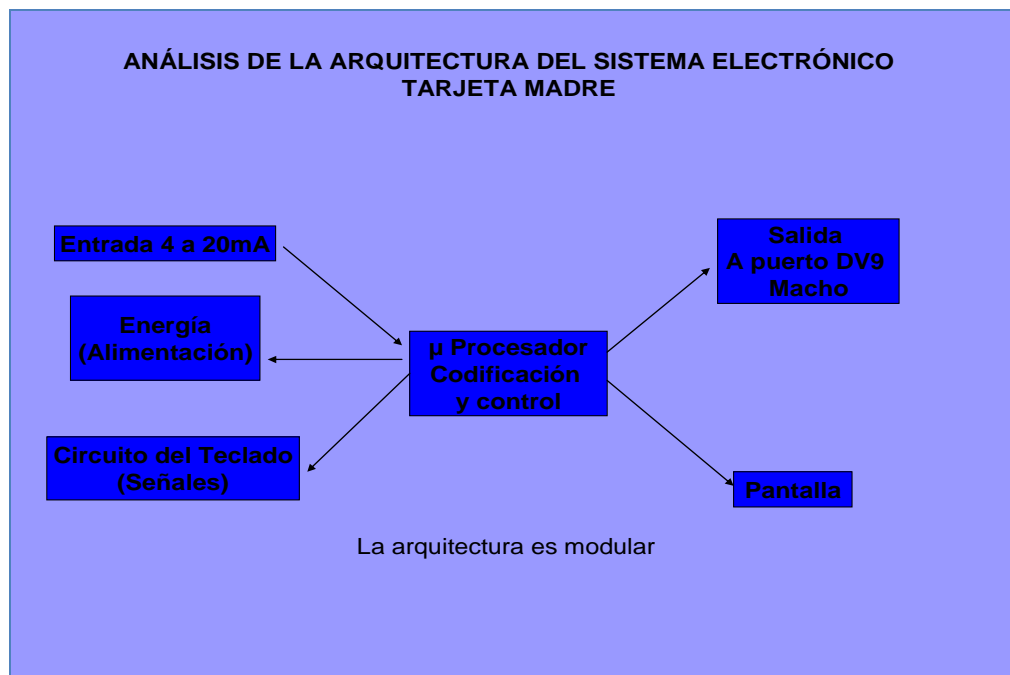


Figura 25. Arquitectura del Dispositivo



Aanálisis del la arquitectura.

- El dispositivo es un convertidor de corriente a datos, cuyos módulos son los antes hablados.
- El dispositivo es un sistema modular de funciones específicas, permitir una flexibilidad en la distribución espacial y además la posibilidad de realizar mejoras y más prestaciones al dispositivo.
- Tarjeta madre: centro de control, en esta se encuentra el procesador y los enlaces con los demás periféricos, es la encargada de la inicialización del sistema y de mantener el control e interacción entre las partes.
- Adquisición (Integrado μ Procesador): modulo encargado de la toma de los datos y convertirlos en señales digitales para su manejo.
- Comunicación RTU (Integrado μ Procesador): manejo de los datos ya digitales y tramados bajo el protocolo Modbus RTU.
- Gestión (Datos) (Circuito del Teclado y μ Procesador): encargado del manejo y distribución de los datos suministrados de acuerdo a los datos entregados por el servidor o el HMI.
- Pantalla y Teclado: parte del modulo HMI, como función de interacción hombre-máquina.
- Caja y Chasis: son los contenedores del dispositivo su función es la de proteger dar rigidez y polo a tierra a todo el dispositivo además de ser aislante de corrientes parasitas externas.
- La arquitectura es Modular en la parte Electrónica que es básicamente la fuente conmutada a la tarjeta madre de las HMI y las borneras de los puertos, la parte de la caja es integra porque la caja cumple funciones tanto de protección como de distribución del espacio y una tierra común para todas las partes del circuito; la parte electrónica es modular porque presenta funciones muy particulares y especificas , permitiendo que el dispositivo pueda interactuar con

los otros módulos pero sin la necesidad de que presenten especialidades, esto quiere decir, que si llegara a fallar algún módulo sería fácilmente reemplazable tanto de la misma marca como de otra según sea el caso.

5.1.7. Diseño industrial. ¿Cuáles son los aspectos de seguridad a considerar? Aspectos de Seguridad Electrónica, para evitar fallos por humedad, o por interacciones no autorizadas con la parte interna del equipo, también aspectos de acabado para evitar lastimar a las personas que interactúan con el dispositivo, en el caso de los plásticos para evitar la condensación excesiva de humedad, que alteren el desempeño del equipo.

Evaluación de la calidad del Diseño Industrial.

Calidad de las interfaces de usuario.

- **¿Las características del producto comunican realmente su operación al usuario?** R/: si, el dispositivo está diseñado de acuerdo a como otros productos que están en la industria interactúan con el usuario. El usuario solo debe haber usado algún producto de monitoreo para saber como funciona.
- **¿Es el uso del producto es intuitivo?** R/: el producto es intuitivo a personas que ya estén familiarizadas con la utilización de dispositivos de comunicación industrial, los técnicos deben leer las instrucciones para realizar la operación de instalación.
- **¿Son todas sus características seguras?** R/: el producto es seguro por su función; solo es para el monitoreo de variables, el usuario no interactúa con el contenido o la caja.
- **¿Se han identificado todos los usuarios y usos potenciales del producto?** Hasta ahora solo se ha desarrollado la parte requerida por la pasantita, de acuerdo a los pasos seguidos en el proceso de diseño se han vislumbrado otros campos para el uso de este producto, realizando algunos cambios en el diseño.

- **¿El producto expresa calidad?** El producto expresara calidad porque todo será homologado y aplica las normas de la industria que se usan en Alemania (DIN).

Facilidades de mantenimiento y reparación.

- **¿Es el mantenimiento del producto obvio?, ¿es fácil?** El mantenimiento es fácil porque el producto es modular.
- **¿Las características del producto informan efectivamente los procedimientos de ensamble y desensamble?** Hasta ahora no se ha realizado un manual para el producto, pero el producto se entrega de una sola pieza, el usuario no lo armara.

Uso apropiado de recursos.

- **¿Es el material seleccionado apropiado (en términos de costo y calidad)?** El producto es un prototipo, además debido al mercado es muy difícil conseguir los materiales o los elementos que nosotros deseamos para el diseño del dispositivo. Pero nuestra meta mas adelante con más recursos, realizar un producto que posean costos de producción óptimos para una verdadera competencia en el mercado local.
- **¿Está el producto sobre o sub diseñado (tiene características que son innecesarias o algunas han sido despreciadas)?** Si, en el trascurso del diseño se han notado otras prestaciones que pueden ser incluidas en el producto, pero lo que se busca es crear una familia de productos. U otros que tengan prestaciones mejores a un futuro.
- **¿Se han considerado los aspectos ambientales/ecológicos?** No se han considerado nada con respecto a lo ambiental, es posible que como el producto posee piezas que ya existen en el mercado, estas ya tienen las precauciones para el cuidado del medio ambiente, pero será considerado a la hora de hacer pruebas al prototipo final.

Figura 26. Ponderación de características estéticas y ergonómicas del dispositivo.

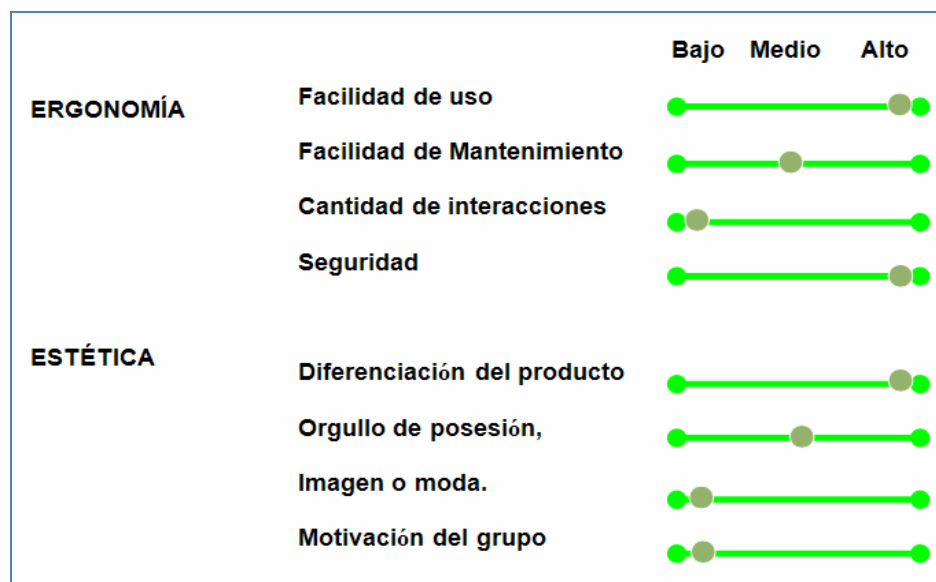
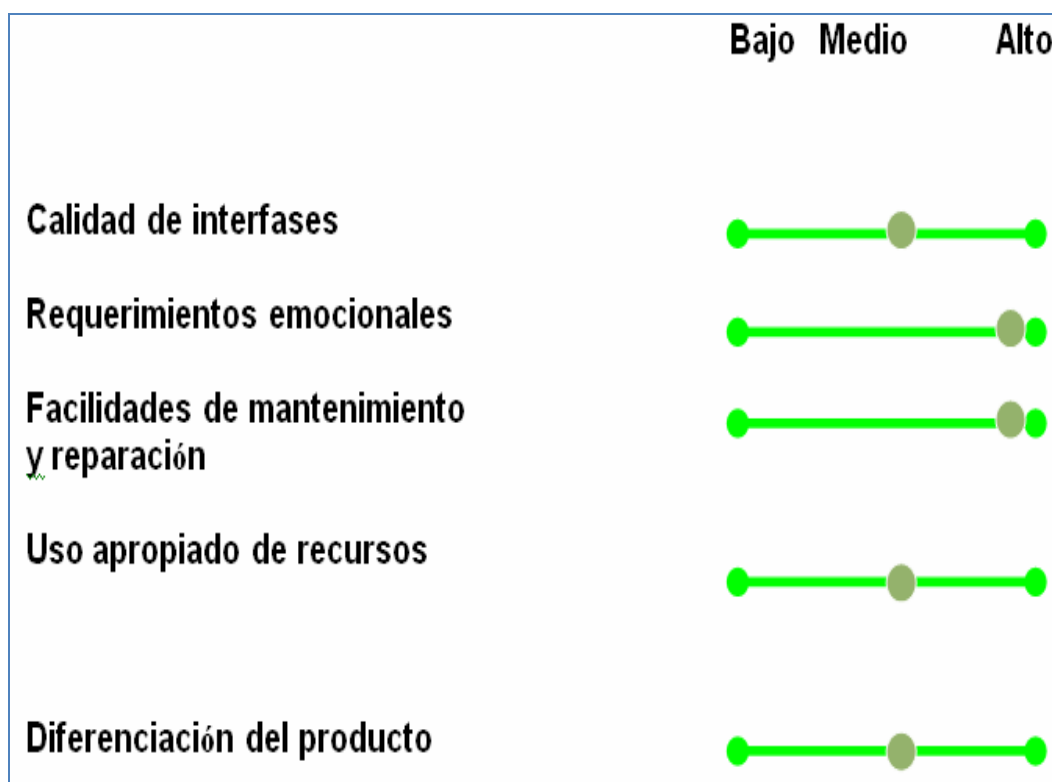
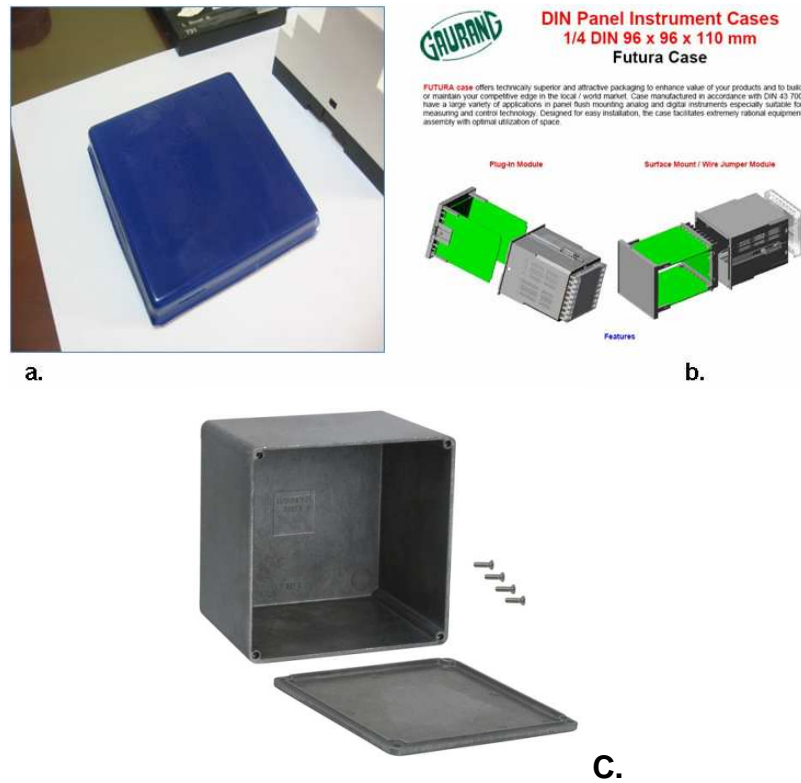


Figura 27. Calidad de las interfaces de usuario.



5.1.8. Diseño para manufactura.

Figura 28. Carcasas del dispositivo.



- ❖ Ejemplo de parte frontal desarrollada en Cali por Solex Ltda. Termo formado de Colombia, tomando como referencia la caja del dispositivo Foxboro
- ❖ b) caja desarrollada por industrias Gaurang India.,
- ❖ c). caja para panel frontal cotizada en DIGIKEY.com.

Tabla 11. Presupuesto para desarrollo del dispositivo.

Hardware	Software
<ul style="list-style-type: none"> Elementos de escritorio y papelería \$100.000.00 Comunicaciones (fax, Celular, correo) \$100.000.00 Fotocopias \$100.000.00 	<ul style="list-style-type: none"> Prototípico 3D Chasis y Carcasa Solid Works \$0.00 Sin costo Versión Estudiantil 2.Simulación Electrónica y Eléctrica Proteus

<ul style="list-style-type: none"> • Bibliografía \$500.000.00 • Transporte y gastos de viaje \$500.000.00 • Microprocesadores PIC \$200.000.00 • Elementos Resistivos y Capacitivos e integrados para la fuente conmutada la comunicación 485 \$150.000.00 • Para sistema SMS MODEM NOKIA 6200 \$250.000.00 • Equipos y Herramientas Osciloscopio, Multímetro, pelacables, moldes para carcasa, destornillador, moto tool. \$0.00 Sin costo Versión Evaluación 	<p>\$0.00 Sin costo Versión Estudiantil</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crearon del Programa para PIC de control e interpretación a Modbus <p>Mplab.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 Quemado de la memoria de programa ICPROG <p>\$0.00 Sin costo Versión Evaluación</p>
TOTAL HARDWARE Y SOFTWARE	\$ 1.750.000.00 Pesos M/cte. Un millón novecientos setenta mil pesos

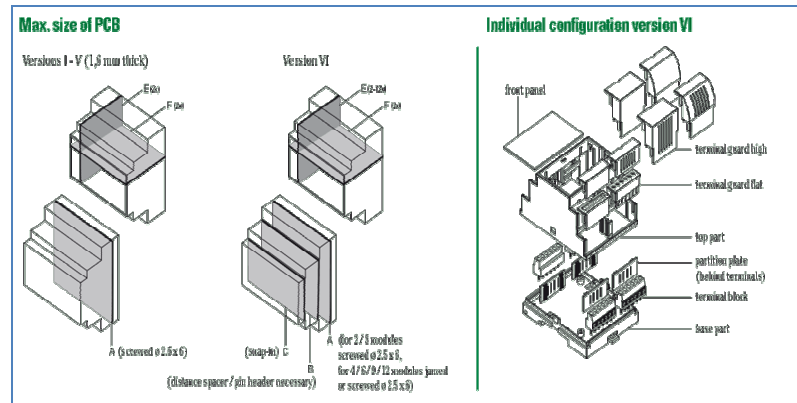
Figura 29. Carcasas del dispositivo.



- ❖ a) Ejemplo de parte frontal desarrollada en Cali por Solex Ltda. Termo formado Colombia y carcasa frontal de Dispositivo Foxboro,
- ❖ b) Prototipo desarrollado con algunas características extras de manera exploratoria.

Metodología de ensamble. El diseño es modular y esta hecho la mayor parte por Outsourcing, las PCBs son encargadas a segundos para armarse, las Cajas y el MODEM Enfora son importadas, el Know-How es la programación y el protocolo de comunicación que utilizara para el envío de los datos.

Figura 30. Opción en Riel DIN Esquema de ensamble del equipo.



Fuente: Din panel Cases [en línea]. Mumbai: Gaurang Electronic Industries productos, 2005. [Consultado 22 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.gaurang.com/dpc.htm/>.

- **Tiempo de ensamble:** 5 minutos para ensamble de las 6 piezas.
- **Índice PDE:** $(8*3)/5*60$.
- **Índice:** 0.08.
- **Costos de ensamble:** 1000 C/U.

5.1.9. Prototipado. El prototipo se compone de varias etapas o módulos concernientes a la aplicación específica, entre ellos se encuentra la HMI, la adquisición de datos, las comunicaciones, y la etapa de procesamiento, la cual nos permite trabajar todo en conjunto.

En gran parte el prototipo está diseñado con módulos que son enteramente basados por software, su contenido físico es simplemente la relación entre el núcleo con los periféricos que son configurados por software, con esto queremos aclarar que el hardware usado no fue modificado y sus módulos fueron diseñados de acuerdo a las configuraciones dadas por los manuales de uso de estos.

Para su implementación se realizaron pruebas de interacción entre el software y hardware mediante un software de simulación que se encargaba de simular el software con la parte virtual del hardware, para complementar sus pruebas de campo.

El diagrama operacional del prototipo se muestra en la figura 33.

Figura 31. Diagrama operacional del prototipo, con respecto a sus entradas A/D y a su salidas A/D (A/D -Análogas y digitales-).

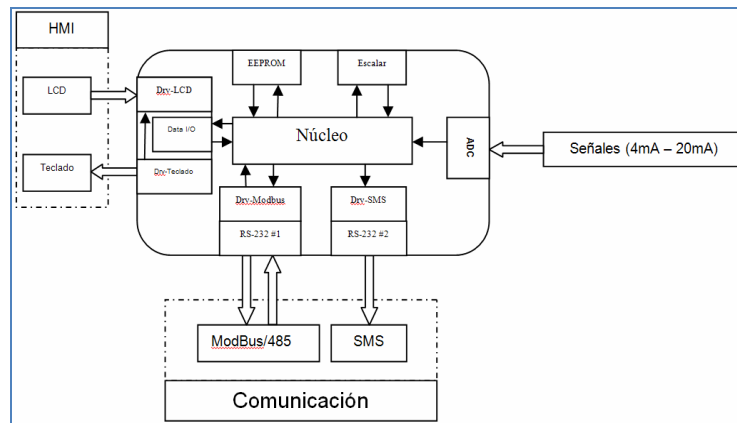
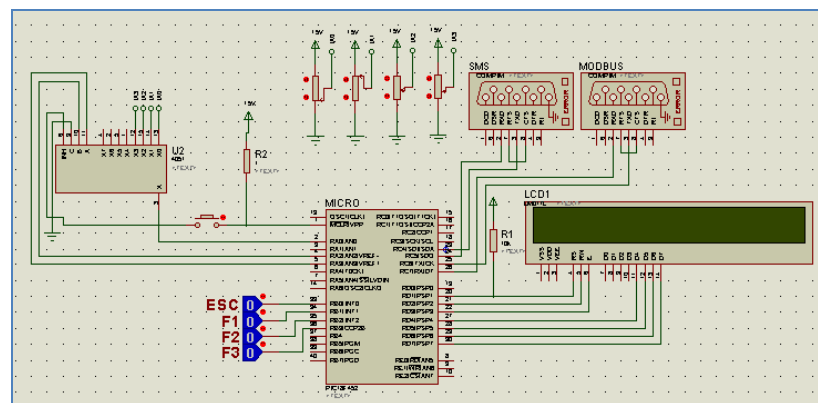


Figura 32. Esquema de simulación.



HMI. En el diseño del HMI está integrando un LCD, el cual nos presenta los datos requeridos y de un teclado simplificado de solo 4 botones por medio de los cuales el usuario puede acceder a los diferentes menús integrados en el HMI del dispositivo, como se puede apreciar en la figura 35, cada uno de los botones corresponde a las siguientes acciones: ESC: volver al menú anterior F1-F3: función 1 a 3, hacen la función de la navegación de los menús.

Figura 33. Botones de acciones básicas.

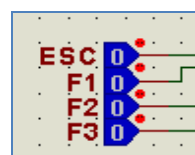
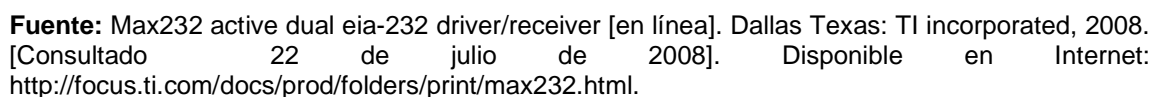


Figura 34. Esquema de diseño de la nota de aplicación 823 de Maxim.



63

Comunicaciones. El modulo posee una conexión a red RS485 para la parte de comunicación industrial y una comunicación directa RS232 para el envío de SMS por medio de un modem que soporte instrucciones Hayes y soporte el envío transparente de mensajes de texto.

Comandos Hayes. Los primeros módems aparecieron en la década del 60. En aquella época los procesadores eran excesivamente caros y de gran tamaño. Por lo tanto, en una oficina lo que había era una gran “computadora” central a la cual los trabajadores accedían por medio de terminales “bobas” que lo único que poseían era un teclado para poder ingresar datos y un monitor para leer lo que recibían de la computadora central. Para poder construir módems más veloces que 300 bps se utilizó luego la modulación

Introducción Teórica. Un módem telefónico es un dispositivo que adapta las señales digitales de la PC en señales analógicas capaces de ser transmitidas por una línea telefónica para que esa conexión se pueda lograr de forma exitosa, el módem telefónico aparte de modular y demodular debe realizar funciones concernientes a la señalización relacionada con la toma de línea, pedido de llamada (forma de marcado, número telefónico destino) y contestación de llamada.

La mayoría de los módems se controlan y responden a caracteres enviados a través del puerto serie. Estos comandos u órdenes hacen posible que el software de comunicación pueda comunicarse con el módem. El lenguaje más extendido de comandos para módems es el de los comandos Hayes o AT ya que casi el 100% de ellos deben comenzar con el prefijo “AT” de “Attention”, que pone al módem en modo escucha.

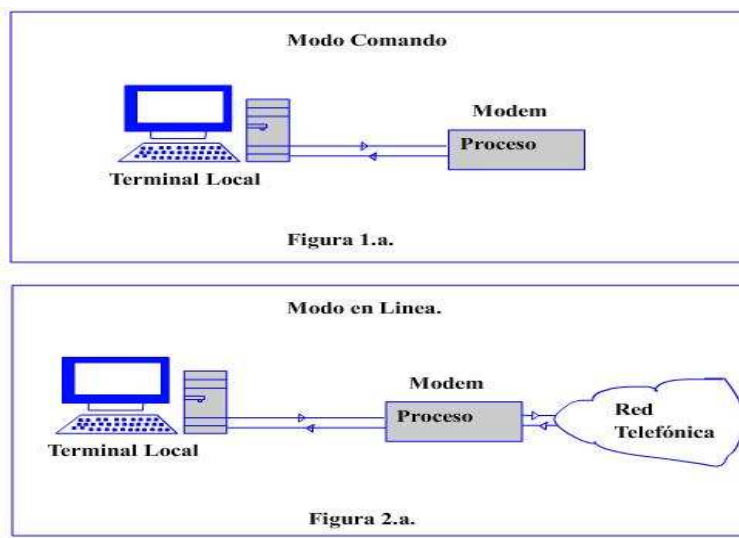
Los comandos Hayes se dividen en dos grandes tipos.

- De ejecución de acciones inmediatas (ATD marcación, ATA contestación o ATH desconexión)
- De configuración de algún parámetro del módem (Ej.: ATV define como el módem responde tras la ejecución de un parámetro, ATE selecciona el eco local, etc.)

El módem telefónico posee dos modos de funcionamiento.

- **Modo comando.** el módem responde a los comandos que le envía la terminal local o sea, que la información que recibe el módem la procesa sin transmitirla por la línea y le envía su respuesta a la terminal. En este modo es posible configurar el módem o realizar operaciones de marcado y conexión. Antes de que se pueda enviar un comando al módem, este debe estar en el presente modo.
- **Modo en línea.** Cuando el módem se conecta con otro. Aquí, cualquier información que envíe la terminal local al módem será transmitida al módem remoto. En este caso el módem no procesa ningún tipo de información y simplemente la transmite a través de la línea. Lo que sí puede hacer es añadir a los datos información adicional para la corrección de errores y verificar si los datos que recibe del otro módem no han sido adulterados. Para salir de este modo, la terminal local debe enviar el carácter de escape repetido 3 veces de forma seguida. Dicho carácter es configurado en el modo comando. De fábrica, por lo general, el carácter de escape es el “+”.

Figura 36. A continuación los modos de funcionamiento del modem.



- **Formato de los comandos Hayes.** Como se dijo anteriormente la mayoría de los comandos Hayes empieza con la secuencia “AT”, siendo las excepciones el comando “A/” que repite el último comando introducido y la secuencia triple del carácter de escape. Los otros comandos luego de la secuencia “AT” siguen con las letras del alfabeto. Además, muchos de ellos necesitan a continuación un valor

numérico, que en el caso que no se escriba se tomará como que dicho valor es cero. Por ejemplo, la función “ECO” permite que el módem envíe a la terminal el mismo carácter que recibe de ella y procesa. De esta forma el operador de la terminal puede visualizar en pantalla lo que le está enviando al módem. La secuencia ATE1 activa esta función y la ATE0 ó ATE (al no escribir el valor numérico el módem lo toma como que es cero) la desactiva.

A medida que se fueron requiriendo más funciones en los módems se tuvo la necesidad de agregar más comandos. A estos comandos se los llama extendidos y tienen la forma AT&X donde “&” indica que el comando X es extendido. Así mismo cada fabricante introdujo otros que no fueron estándares y cumplían funciones específicas. No todos los módems responden a estos comandos. En resumen, a los comandos Hayes se los puede dividir en 4 grupos:

- Básicos (AT...): estos comandos fueron los que inicialmente fueron definidos y cumplen funciones elementales.
- De registro (ATSi=, ó ATSi?): modifican los valores de los registros internos del módem ó solicitan sus valores.
- Extendidos (AT&...): comandos adicionales que se agregaron posteriormente a las definiciones de los comandos básicos. Generalmente cumplen funciones poco más complejas que los básicos.
- Propietarios (AT/...): definidos por el fabricante del equipo.

Ante cualquier comando enviado al módem, este responde con el resultado de la operación: “OK”, “ERROR”, CONNECT, etc. El operador de la terminal puede elegir que el resultado, en vez de aparecer en forma alfabética, aparezca de forma numérica donde cada número corresponde a una respuesta en particular. Por ejemplo “OK” tiene por valor cero.

El comando para elegir la forma de la respuesta es ATV donde ATV1 activa la respuesta alfabética y ATV0 la numérica. Esta última forma es útil cuando es un programa y no un usuario el que se está comunicándose con el módem y necesita de un valor numérico para comparar y tomar una acción correspondiente.

- **Registros del módem y perfiles de configuración.** Los registros de un módem son unidades de memoria donde se almacenan parámetros que controlan el funcionamiento del mismo. Las secuencias para los registros pueden ser.

- **Sn=x:** se configura al registro “n” con el valor “x”, donde x puede tomar valores 0 a 255.

- **¿Sn?:** se lee el valor guardado en el registro “n”.

- **Control de Flujo.** El propósito de este control es detener el flujo de información del transmisor por parte del receptor, debido a que este no es capaz de procesar toda la información al ritmo que le está llegando (al receptor se le llena el buffer). Cuando el receptor está listo para recibir más información le informa de su estado al transmisor para que reanude el flujo de información.

- **Apéndice de Comandos AT.** Las siguientes listas contienen los comandos AT más usados dividida en 4 grupos:

- Comandos Básicos (Recordar que se les debe anteponer AT)

- A : responder la llamada entrante
- A/ : repetir el último comando (no se le antepone AT)
- D : configura la forma de marcado: T (por tonos), P (por pulsos)
- E : deshabilita el eco para la terminal
- E1 : habilita el eco
- H : cuelga la llamada
- I : pedido de información
- L : regula el volumen del sonido de salida del módem
- O : retorna al modo En Línea desde el modo Comando.
- Q : configuración para mostrar los resultados

- Q1 : hace que el módem no arroje resultados de las operaciones
- Sn?: pregunta por el valor del registro n
- Sn=r: ingresa el valor r al registro n
- V : el módem devuelve resultados numéricos
- V1 : el módem devuelve resultados con palabras
- X : reporta los códigos básicos de conexión
- X1 : ídem al anterior y agrega la velocidad de la conexión
- X2 : ídem al anterior y además detecta tono de marcado
- X3 : ídem X1 y además es capaz de detectar tono de ocupado
- X4 : el módem reporta y detecta todos los acontecimientos anteriores
- Z : se resetea la configuración del módem con los datos del perfil 0
- Z1 : se resetea la configuración del módem con los datos del perfil 1
- W : envía códigos de progreso de la negociación
- +++: carácter de escape para volver al modo comando estando en modo en línea sin colgar la comunicación (por defecto es el carácter + pero puede configurarse otro en el registro S2). Aquí tampoco se debe anteponer el prefijo AT.

- Comandos Extendidos (recordar que se les debe anteponer AT)

- &C : mantiene activa la señal de “Carrier Detect” (contra el otro módem).
- &C1: detecta e indica “Carrier Detect” (contra el otro módem).
- &D : ignora la señal de “Data Terminal Ready”.
- &D1: si DTR se desactiva el módem para a modo comando.
- &D2: el módem cuelga la comunicación si el DTR cae.
- &D3: el módem cuelga, se resetea y vuelve a modo comando si cae el DTR.
- &F : carga el perfil de configuración de fábrica 0.
- &F1: carga el perfil de configuración de fábrica 1 (IBM-PC compatible).
- &F2: carga el perfil de configuración de fábrica 2 (MAC compatible).
- &F3: carga el perfil de configuración de fábrica 3 (MAC compatible).
- &K : deshabilita el control local de flujo.
- &K1: habilita el control local de flujo por hardware (RTS/CTS).
- &K2: habilita el control local de flujo por software (XON/XOFF).
- &Q : deshabilita el control de errores.
- &Q5: selecciona el control de errores V.42 (necesita control de flujo).
- &Q8: selecciona una corrección de errores alternativa: mnp
- &Q9: condiciona la compresión: si está activo la V.42 bis desactiva el MNP5.
- &U : habilita la modulación Trellis según la norma V.32.
- &U1: deshabilita la modulación Trellis según la norma V.32.
- &V : muestra la configuración activa.
- &W : guarda la configuración actual en el perfil 0.
- &W1: guarda la configuración actual en el perfil 1.

- &Y : hace que el perfil 0 sea el activo cuando se prende el equipo.
- &Y1 : hace que el perfil 1 sea el activo cuando se prende el equipo.

Estos comandos no son aceptados por la totalidad de los módems y es posible que algunos de los parámetros aquí mencionados no tengan los mismos efectos en todos los módems.

- Comandos Propietarios (recordar que se les debe anteponer AT

- %C : deshabilita la compresión de los datos.
- %C1: habilita la compresión MNP5.
- %C2: habilita la V.42 bis.
- %C3: habilita la MNP5 y la V.42 bis.

- Registros S.

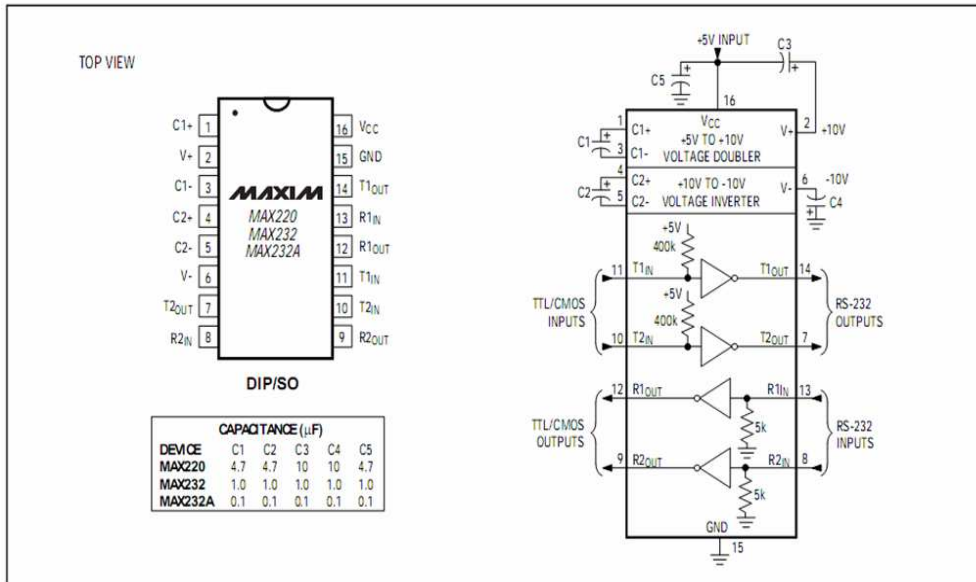
- S0 : número de “rings” al cabo del cual el módem debe contestar. Si el valor es 0 el módem no contesta nunca de forma automática.
- S1 : lleva la cuenta de cuantos rings han ocurrido.
- S2 : contiene el número en ASCII del caracter de escape. Por default: 43 (+)
- S6 : tiempo de espera para el tono de discado.
- S7 : tiempo de espera para la señal de “Carrier Detect” remoto.
- S12: tiempo de guarda para pasar al modo comando luego del “+++”
- S37: negociación de la velocidad.

La cantidad de registros que posea un módem dependen del modelo del mismo. Solo los primeros 12 son estándar.

Se implemento en el modulo el sistema de comunicaciones con RS485, por medio del siguiente esquema del LTC485/MAX481 o cualquiera de sus equivalentes. En el esquema de funcionamiento de Modbus, siempre estamos esperando la interrupción de recepción de datos en el microprocesador.

Mientras que el modulo para operar con el envío de SMS, funciona con un MAX232, para modular la comunicación que se necesita con respecto al modem GSM.

Figura 37. Ubicada en la pagina 70 aparece la Configuración de MAX 220/MAX 232/MAX232A y operación del circuito.



Fuente: Max232 active dual eia-232 driver/receiver [en línea]. Dallas Texas: TI incorporated, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/max232.html>.

Los niveles TTL van al micro y las entradas y salidas RS232 van al modem GSM

En el momento de envío de datos por medio de SMS existe un temporizador el cual se encarga de habilitar el envío de un mensaje de texto cada determinado tiempo, configurado por defecto dentro del programa del micro controlador donde se puede configurar el envío a cada minuto, hora o día.

Se simulo en el circuito virtual usando un puerto de comunicaciones físico y un celular con soporte de estos comandos.

Etapas de procesamiento. El procesamiento está directamente relacionado con el micro controlador, referencia PIC18F452, encargado de contener la parte de procesos y de interconexión de cada una de las etapas e interfaces necesarias para trabajar en conjunto como un solo sistema.

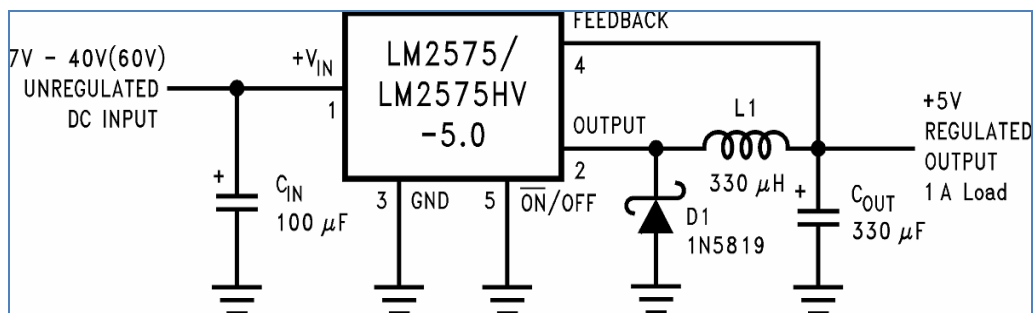
5.1.10. Diseño detallado.

♦ **Diseño para mantenimiento.** El diseño posee varios factores que deben ser tenidos en cuenta para mantener un desempeño óptimo, desde las necesidades del cliente era necesario tener en cuenta su facilidad de reparación o de mantenimiento, teniendo en cuenta esto se concretó un dispositivo con estructura modular dando como ventaja la posibilidad de realizar mantenimientos preventivos y como parte fundamental realizar los cambios de los módulos individualmente al momento de fallar, sin afectar el desempeño de los otros o de realizar nuevamente la configuración del equipo.

Al implementar la automatización lo que se busca es un dispositivo que posea la menor interacción con el usuario. El dispositivo está diseñado para el campo industrial, el tiempo estimado de uso sin mantenimiento preventivo es de tres años aproximados, tenidos en cuenta por el módulo de más rápido desgaste, que es la fuente de alimentación.

♦ **Diseño de la fuente.** La fuente se diseñó con un esquema regulado por conmutación, en el diseño se implementó un circuito integrado regulador por conmutación, que es el LM2575, el cual puede hacer una aplicación de regulación muy eficiente y soporta altas temperaturas.

Figura 38. Diseño fuente de poder del dispositivo.

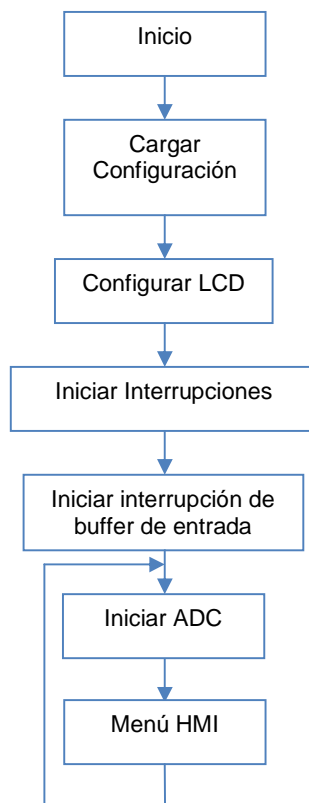


Fuente: Simple switcher 1a step-down voltage regulator [en línea]. Santa Clara: National Semiconductor Corporation, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.national.com/analog/company>

El uso de pocos componentes adicionales, hace que la implementación del circuito se logre en muy poco espacio.

♦ **Operación de software.** El siguiente diagrama mostrado en la figura 41, resume la secuencia de inicio del micro controlador, en la primera etapa es cargada la configuración y datos estáticos (Guardado en memoria), los cuales son: la dirección del dispositivo, y los datos de los escalares de los canales análogos. Posteriormente es configurado el LCD, tanto las líneas que se usaran y la cantidad de caracteres a mostrar. Se inician las interrupciones respectivas, como la int_rtcc encargada del CLOCK del micro controlador, para colocar un contador fijo. Después inicia la interrupción de buffer para el RS232 #1, que permite detectar la entrada de una solicitud por medio del protocolo Modbus. Se inicia la secuencia para captura de datos constantes desde el ADC, y actualizar los datos en memoria. Por último el menú del HMI es iniciado, presentando las opciones al operador.

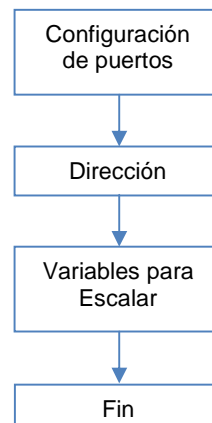
Figura 39. Inicio del micro controlador



La secuencia de configuración, ver figura 42, es ejecutada en el momento de iniciar el micro controlador, su función es cargar las variables y hacer las configuraciones necesarias, como es.

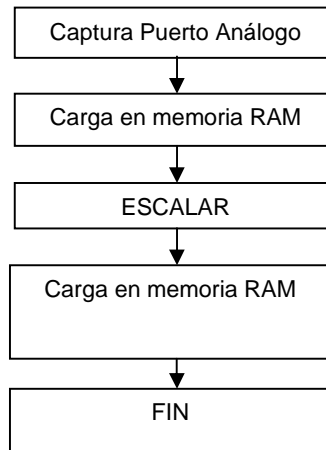
- ♦ **Configurar los puertos:** determina cuales puertos son de entrada o salida, y el uso del puerto analógico.
- ♦ **Dirección Modbus:** carga la dirección Modbus desde la memoria EEPROM interna del micro controlador.
- ♦ **Variables para Escalar:** son cargadas desde la memoria EEPROM interna, son los valores que se usaran para convertir las señales análogas a valores físicos.

Figura 40. Captura de datos



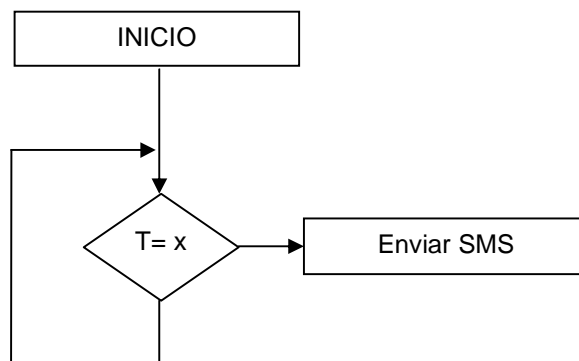
En el diagrama mostrado en la figura 40, se muestra la estrategia para capturar de cada uno de los puertos analógicos, donde primero que se captura los datos análogos directamente desde el puerto y posteriormente se cargan en un arreglo para guardarlos en la memoria RAM, después se escalan a los valores físicos que se desean, y por último se guardan en un arreglo para poderlos presentar en pantalla, por data en Modbus, o por el envío del mensaje de texto.

Figura 41. El funcionamiento de los protocolos y el HMI



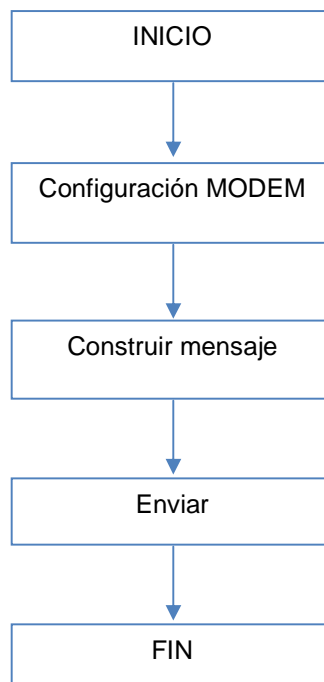
Se requiere una base de software como es la que se implemento dentro del micro controlador. En principio el software configurara unos parámetros por defecto, como son los apuntadores y las direcciones de memoria en donde va a cargar los datos de la dirección Modbus, parámetros de escalado de datos analógicos, y el número de celular al cual se le va a enviar los datos. Posteriormente va a cargar las funciones específicas, como son la captura de datos desde los puertos analógicos, la espera a solicitud de datos por parte de la red 485 (hablando en Modbus) y el envío de datos SMS después de un tiempo estipulado o por acción del usuario.

Figura 42. Diagrama de Flujo interrupción del Clock (int_rtcc).



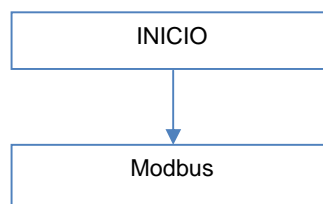
De acuerdo a la figura 44 X es el cálculo del tiempo en pulsos de reloj en el cual se va a mandar la alarma. Mientras que en la figura 45 se esquematiza la forma para enviar el SMS.

Figura 43. Envío de un mensaje SMS con los datos de los puertos.



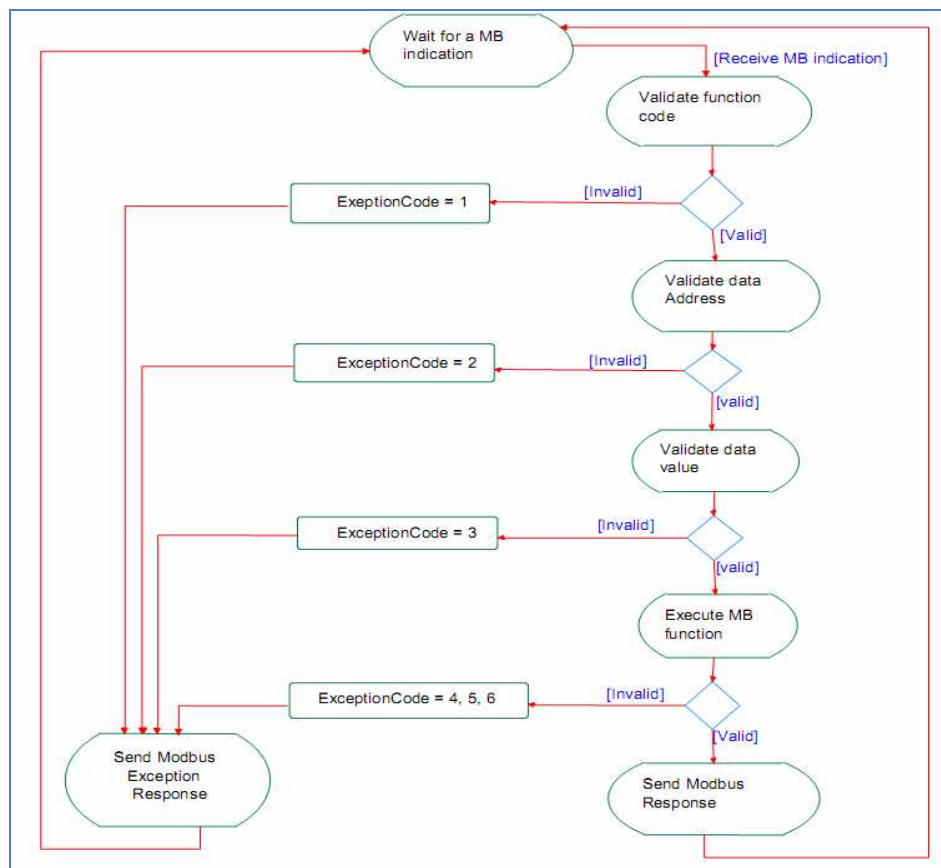
En esta secuencia funciona (ver figura 45) el envío de mensajes de texto, primero se tiene que configurar el MODEM GSM para enviar un mensaje de texto, posteriormente se debe construir el mensaje, y por ultimo enviarlo con el comando correspondiente.

Figura 44. Interrupción de recepción del puerto RS232 #1 (int_rda).



El funcionamiento de ModBus se describe a continuación, por medio del esquema mostrado en la figura 47.

Figura 45. Funcionamiento del MODBUS.



Fuente: Aplicación de protocolo Modbus v. 1.1 [en línea]. North Grafton: modbus-IDA, 2005. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.Modbus.org/specs.php>.

♦ SMS (Servicio de mensajes cortos ("Short Message Service")).

Descripción. El dispositivo posee la habilidad de enviar mensajes de texto a cualquier celular, por medio de otro celular conectado a este dispositivo, dicho celular conectado debe poseer un modem para poder utilizar dicha habilidad.

El mensaje que es enviado contiene los datos de cada una de las señales monitoreadas por el dispositivo.

♦ **Manejo del celular.** El dispositivo utiliza la función de modem del celular para poder enviar los mensajes de texto, esta función de modem es controlada por medio de comandos AT estándar.

♦ **Conexión al Celular.** El dispositivo es conectado al celular por medio de un enlace estándar RS-232, los parámetros de conexión no son problema ya que el

celular posee la habilidad de auto detectar la velocidad de transmisión. Pero el dispositivo ya posee unos parámetros de conexión, los cuales son: Bits por segundo: 9600, Bits de dato: 8bits, Paridad: Ninguna, Control de flujo: ninguno.

El micro-controlador como se dijo anteriormente posee dos puertos seriales o dos conexiones RS-232, una de ellas es para la conexión en red y la otra para es para el envío de mensajes de texto. Esta conexión RS-232 se realiza por medio de un MAX232.

Restricción. El numero al que va ser enviado el mensaje de texto, ya que este número tiene que ser programado y no es modificable por el usuario. La señal del celular, donde sea instalado el dispositivo no posee una buena recepción, el mensaje de texto no podrá ser enviado. No cualquier celular trabaja con el dispositivo, posee unas condiciones, las cuales son: que el celular posea la función de modem, y que soporte comandos en AT en modo de escritura.

El test realizado para esta habilidad del dispositivo, se desarrollo con un NOKIA 6200 y con un NOKIA 6270.

♦ **Desarrollo del Prototipo**

Después de haber desarrollado los análisis necesarios, En los que se tomaron en cuenta los objetivos específicos de la empresa y otros criterios más como lo son: las prestaciones del dispositivo, Los costos de elaboración, la demanda, la disponibilidad de las partes electrónicas y en particular la carcasa de medidas comunes a los sistemas industriales de empotramiento como el riel DIN y el panel frontal DIN entre otros Factores también importantes, El estudio oriento el desarrollo en base a los siguientes criterios.

♦ **Criterios Elaboración.**

♦ **Insumos locales:** inicialmente el producto está pensado para ser producido a pedido debido a esto asumimos una producción a baja escala, por lo cual podemos basarnos para la elaboración en la utilización de insumos locales que aunque son mas costosos por ser comprados a revendedores se puede comprar pocas unidades es decir al menudeo y la disposición de ellos es inmediata y no depende de tiempos de reposición altos como con las partes importadas que generalmente son enviadas por barco por ser más económico.

♦ **Carcasa artesanal Solex:** nuestra búsqueda de una carcassas de fabricación nacional normalizadas DIN necesarias para los sistemas de empotramiento industrial, nos revelo que en el mercado nacional no existes empresas dedicadas a la fabricación de cajas normalizadas, esto debido al alto costo de fabricación de los moldes para maquina de inyección que dependiendo el material del molde

puede estas entre costos de 5 millones fabricación en aluminio o en un muy buen acero que cuesta mas de los 14 millones de pesos, además debido a la enorme incertidumbre relacionada con la apropiación de las cajas en el mercado local difícilmente una empresa asume el riesgo de invertir en estos moldes sin tener certezas sobre el retorno de la inversión.

Entonces se evaluó la posibilidad de la utilización de cajas importadas de la empresa Gaurang y de Digikey pero estas opciones tienen el problema de los costos y de la cantidad de unidades a traer es decir para que sean económicamente viables hay que traer mas de 1000 unidades para que los costos de flete se distribuya en la cantidad de unidades y fueran económicamente viables por eso se decidió la utilización de cajas de fabricación artesanal que nos proporciona la empresa Solex a muy buen precio y buena presentación y con las dimensiones correctas para ser utilizado en montajes de panel frontal DIN, y la empresa esta radicada en Cali -Valle.

♦ **Interface SMS Celular Nokia 6270** : la utilización de un celular común como el Nokia obedece a que tiene muy buenas prestación maneja el envío de SMS se maneja a través de comando HAYES, existe muchas disponibilidad de unidades de este tipo nuevas y usadas además es una línea gama media de Nokia, lo que quiere decir es que este modelo seguirá siendo desarrollado a futuro y es probable que disminuya los costos del equipo que esta nuevo en \$210.000.00 y de segunda \$80.000.00, además de esto se encuentra mucha documentación acerca del manejo del celular en la RED, la otra opción es la utilización de un modem Enfora que es muy costoso y no es muy común conseguirlo en el comercio y su la documentación para su utilización es escasa.

♦ **Placa madre:** los componentes eléctricos como micro procesadores PIC, materiales resistivos y capacitivos discretos, leds borneras y demás se consiguen por menudeo en el mercado local lo cual aumenta el valor de nuestro dispositivo al poderse construir con suministros locales y no depender de la importación y los problemas y costos que conlleva

♦ **Pantalla LCD d 2 Segmentos:** la pantalla LCD en el caso del prototipo se utilizo una pantalla de 4 líneas que es de fácil consecución en el mercado local en el dispositivo que amparado este documento se utiliza un LCD de dos líneas mas simple, en ambos casos se consigue en mercado local a muy buenos precios por menudeo.

♦ **Botones de comando:** en el prototipo se utiliza un teclado matricial que se consigue muy fácilmente en mercado local al menudeo, en el dispositivo amparado por este documento se utiliza 4 pulsadores que se consigue en mercado local al menudeo.

♦ **Cotización de carcasa 1**

Cotización 1 (Ideal pero costosa)

Opción 1. Carcasa importada de la India

Figura 46. Lista de precios de los productos Gaurang

Gaurang Electronic Industries

* Plastic Instrument Cases * Din Rail Enclosures * Din Rail PCB Holders * Collet Knobs
* Wire Products * Plugs & Sockets * PCB Card Guides * Terminals

PRICE - LIST w.e.f. 01/04/2007

prices are FOB Bombay

DIN STD. PLASTIC INSTRUMENT CASES

ITEM CODE	DESCRIPTION	Price in US. \$ For quantity			
		100	250	500	1000
IC - 110 (96 x 96 x 110 mm)					
IC-110-11	Plain Case in Black / Dark Gray Matt. Finish Colour	1.02	1.56	1.43	1.30
IC-110-12	Case + Clamps	2.22	1.90	1.75	1.50
IC-110-13	Case + Clamps + Cassette 'A' type (FP, BP plain, Metal plate & 2 angels)	4.05	3.47	3.19	2.88
IC-110-14	Case + Clamps + Cassette 'B' type (FP, BP with 12 GT-1 Term. Metal plate & 2 angels)	5.92	5.14	4.69	4.20
IC-110-15	Case + Clamps + Cassette 'C' type (FP with display cutout, BP with integral 'C' - Wire Jumper Max 16Term. Metal plate & 2 angels)	6.92	5.67	5.16	4.63
IC-110-16	Case + Clamps + Cassette 'D' type (FP with display cutout, BP with integral 'D' - PCB Insertion Max 16Term)	6.34	5.41	4.95	4.40
IC - 110 (96 x 96 x 110 mm) - ACCESSORIES (Loose Parts)					
ICCL-100	Clamps 100mm Long for IC- 110,150,148,040,072	0.41	0.34	0.32	0.29
FP-96-00	Front Plate Plain	0.54	0.46	0.43	0.39
BP-96-00	Back Plate Plain for A & B Type	0.54	0.46	0.43	0.39
FP-96-01,02,03	Front Plate With Display Cut out Type - 01,02,03	0.54	0.46	0.43	0.39
BP-96-01	Back Plate New for C & D Type w/o Term. Connectors	0.92	0.79	0.73	0.66
MPL - 110	Metal Plate for 110 mm depth Case in IC-110/148	0.44	0.37	0.34	0.31
MAG - 110	Metal Angels for110 mm depth cases IC-110/148/072 (Pair)	0.20	0.24	0.22	0.20
RTS-96-01	Red Transparent Sheet for FP-96 & BP-48	0.33	0.29	0.26	0.24
TC-C	Term. Connectors C Type Loose	0.11	0.10	0.09	0.08
TC-D	Term. Connectors D Type Loose	0.14	0.12	0.11	0.10
DCT	Dust Cover for Term. Replacement in B.P. (100 pieces)	0.66	0.57	0.52	0.47
GT-1	Term. Add On Type for B Type Connection per way	0.11	0.10	0.09	0.08
GT-1Pcb	PCB for GT-1 Term. Mounting for 6 Terminals.	0.20	0.24	0.22	0.20
SW-96	Screw set Std for IC-065, 110, 150. (100 Set)	3.30	2.84	2.60	2.37
TC-96	Terminal Transparent Protection Cover for 96 x 96 cases - for Back Plate C & D Type	0.77	0.66	0.61	0.55

Fuente: Din panel cases [en línea]. Mumbai: Gaurang Electronic, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.gaurang.com/dpc.htm/>

Figura 47. Cotización importación de 500 unidades desde Mumbai India.



Cali, 30 de abril de 2008

Señor
ANDRES FERNANDEZ
-
KAMATI LTDA
Cali

Asunto : COTIZACION Veo 5190

Respetados Señores:

Nos complace saludarlos, nos permitimos presentar oferta para el transporte internacional de mercancía no peligrosa ni extradimensionada así :

TRANSPORTE DE CARGA INTERNACIONAL

Producto : Productos no peligrosos ni perecederos				
Impto/Expo	Transporte	Términos	Origen	Destino
Importación	Marítimo	FOB - Free On Board	Mumbai - India	Buenaventura - Colombia
Tarifas por Concepto		Recargos en Origen		
T/M3 / USD 150 x T/M³ / BAF USD 10 x T/M³				
/Min.USD 10 x T/M³				
Mínimo / USD 210				

Frecuencia: Semanal T.Transito: 56 Dias Aprox

RECARGOS LOCALES

Recargos Locales - Marítimo
LCL
Collection Fee % 3 Sobre Flete /Min.USD 45
Desconsolidación, Liberación y Comunicaciones USD 20 x T/M³ /Min.USD 200

Esperamos que esta cotización sea de su conveniencia y quedamos a su entera disposición para atender cualquier inquietud adicional.

Cordialmente,

VICTORIA E. ORDOÑEZ R.
REPRESENTANTE DE VENTAS
COLTRANS S.A.
Calle 64 Norte No. 5B - 146 Edificio Centro Empresa - Oficina 101 G
Tel.: +57 2 651 77 00 Ext. 108
Fax : +57 2 664 12 24
Cali - Colombia
veordonez@coltrans.com.co
www.coltrans.com.co

Anexo: Notas importantes para sus importaciones y/o exportaciones.



Cali
Calle 64 Norte No. 5B - 146
Edificio Centro Empresa - Oficina 101 G
Tel : (57 - 2) 651 77 00
Fax : (57 - 2) 664 12 24
email: cali@coltrans.com.co
www.coltrans.com.co

Fuente: Logística integral [en línea]. Santiago de Cali: COLTRANS S.A, 2008. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.coltrans.com.co/>

Costos aproximados para la importación de carcasa Gaurang Futura IC-110 por 500 unidades: (US\$ 4.95) de mas costos de importación desde Mumbay India a Colombia Buenaventura (US\$ 0.42) y transporte nacional desde Buenaventura a Cali (US\$ 0.09) da un costo por unidad de (US\$ 5.42) ó (\$10.840.00 pesos) asumiendo US\$ 1 dólar a \$ 2000 pesos da un costo de \$5.460.000.00 pesos.

♦ **Cotización de Carcasa 2**

Cotización 2 (Recomendada)

Opción 2. Carcasa Fabricada por Solex mercado local Cali –Valle del Cauca

Figura 48. Tarjeta de presentación de Solex en cuyo respaldo en dueño de la empresa Jairo Mejía escribió la cotización acerca de la fabricación de 500 unidades de cajas con las dimensiones para el dispositivo



JAIRO MEJIA.
CANT. 500
Color BLANCO y NEGRO
Precio \$1600 =
ASUMIMOS MOLDES Y TROQUELES
[Firma]

Figura 49. Ejemplo de la Parte frontal de la caja elaborada por Solex



Figura 50. Ejemplo de la Parte posterior de la caja elaborada por Solex



Cotización Costos aproximados para la fabricación local por la empresa Solex de 500 unidades: cantidad 500 unidades color Negro unidad a 1600 para un total de $500 \times 1600 = \$800.000.00$, ochocientos mil pesos, mas costos de transporte dentro de la ciudad de \$60.000.00 pesos para un total de \$860.000.00 pesos entonces el costo por unidad es de \$1.720.00 pesos.

♦ Cotización De Carcasa 3

Cotización 3 (Costosa)

Opción 3. Carcasa de Fabricación Estadounidense comercializada por DigiKey – Miami Florida

Figura 51. Carcasa de Fabricación Estadounidense



Fuente: Box alum [en línea]. River Falls: Digi-key corporation, 2008. [Consultado 22 de agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://search.digikey.com/scripts/dksearch/dksus.dll?detail?name=hm161-nd>.

Figura 52. Cotización de importación





Cali, 30 de abril de 2008

Señor
ANDRES FERNANDEZ
KAMATI LTDA
 Cali

Asunto : COTIZACION Veo 5191

Respetados Señores:

Nos complace saludarlos, nos permitimos presentar oferta para el transporte internacional de mercancía no peligrosa ni extradimensionada así :

TRANSPORTE DE CARGA INTERNACIONAL

Producto : Productos no peligrosos ni perecederos				
Impo/Expo	Transporte	Términos	Origen	Destino
Importación	Marítimo	FOB - Free On Board	Miami	Buenaventura - Colombia
Tarifas por Concepto:		Recargos en Origen		
T.M3 / USD 150 x T.M³ / BAF USD 10 x T.M³				
Mín.USD 10 x T.M³				
Mínimo / USD 10 0				

Frecuencia: Semanal T.Transito: 56 Dias Aprox

RECARGOS LOCALES

Recargos Locales - Marítimo
LCL
Collection Fee % 3 Sobre Flete /Mín.USD 45
Desconsolidación, Liberación y Comunicaciones USD 20 x T.M³ /Mín.USD 200

Esperamos que esta cotización sea de su conveniencia y quedamos a su entera disposición para atender cualquier inquietud adicional.

Cordialmente,

VICTORIA E. ORDÓÑEZ R.
 REPRESENTANTE DE VENTAS
 COLTRANS S.A.
 Calle 64 Norte No. 5B - 146 Edificio Centro Empresa - Oficina 101 G
 Tel. :+57 2 651 77 00 Ext. 108
 Fax :+57 2 664 12 24
 Cali - Colombia
 veordonez@coltrans.com.co
 www.coltrans.com.co

Anexo: Notas importantes para sus importaciones y/o exportaciones.



Cali
 Calle 64 Norte No. 5B - 146
 Edificio Centro Empresa - Oficina 101 G
 Tel : +57 - 2- 651 77 00
 Fax : +57 - 2- 664 12 24
 email: cali@coltrans.com.co
 www.coltrans.com.co

Página 1/2

Fuente: Cotización de logística integral [en línea]. Santiago de Cali: COLTRANS S.A., 2008. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.coltrans.com.co/>

Tabla 12. Características técnicas de la carcasa de fabricación Estadounidense.

Digi-Key Part Number	HM161-ND	Price Break	Unit Price	Extended Price
Quantity Available	49	1	23.12000	23.12
Manufacturer	Hammond Manufacturing	10	19.26300	192.63
Manufacturer Part Number	1590V	100	17.78380	1,778.38
Description	BOX ALUM UNPNTD 4.70X4.70X3.54"	250	16.51868	4,129.67
Lead Free Status / RoHS Status	Lead free / RoHS compliant	500	14.44746	7,223.73
Datasheets	1590V Series, Basic 1590 Series, Natural and Painted			
Product Photos	1590V			
Standard Package	1			
Category	Boxes, Enclosures, Racks			
Family	Boxes			
Color	Natural			
Design	Cover Included			
Features	-			
Material	Metal – Aluminum			
Ratings	IP54			
Series	1590			
Shipping Info	Shipped from Digi-Key			
Size / Dimension	4.7" L x 4.7" W x 3.54" H (119.38mm x 119.38mm x 89.92mm)			
Thickness	0.080" (2.03mm)			
Weight	-			
Container Type	Box			
Catalog Page	2136 (Interactive) 2136 (PDF)			
Other Names	HM161-ND			

Fuente: Box alum [en línea]. River Falls: Digi-key corporation, 2008. [Consultado 22 de agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://search.digikey.com/scripts/dksearch/dksus.dll?detail?name=hm161-nd>.

Costos aproximados para la importación de carcasa HM161-ND por 500 unidades: (US\$ 14.44746) de mas costos de importación desde Miami Florida a Colombia Buenaventura (US\$ 5) y transporte nacional desde Buenaventura a Cali (US\$ 5) da un costo por unidad de (US\$ 24.5) ó (\$48.894.00 pesos) asumiendo US\$ 1 dólar a \$ 2000 pesos da un costo de \$24.500.000.00 pesos.

A continuación se relacionan en la siguiente tabla las partes con sus costos aproximados en el mercado local (Cali-Valle del Cauca) que se integraran en el dispositivo:

Tabla 13. Presupuesto de los componentes que conforman el dispositivo.

Componente	Detalle	Cantidad	Valor unitario	Total
Pic				
	Ref: 18F452	1	\$ 30.000	\$ 30.000
	Ref: 16F877A	1	\$ 20.000	\$ 20.000
	Ref: 16F84A	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Cristales				
	Ref: 4Mhz	3	\$ 1.500	\$ 4.500
Resistencia				
	Ref: 1K Ω	68	\$ 50	\$ 3.400
	Ref: 100K Ω	4	\$ 50	\$ 200
	Ref: 100 Ω	4	\$ 50	\$ 200
	Ref: trimer 10k Ω	3	\$ 1.200	\$ 3.600
Diodos				
	Puente rectificador	1	\$ 2.000	\$ 2.000
	Ref: 1N4004	8	\$ 150	\$ 1.200
Integrados				
	Ref: 74LS07 Negador	1	\$ 1.000	\$ 1.000
	Ref: CD4051 Multiplexor	1	\$ 1.500	\$ 1.500
	Ref: LM7805 Regulador	5	\$ 1.000	\$ 5.000
	Ref: LM7812 Regulador	1	\$ 1.000	\$ 1.000
	Ref: LM339 Regulador	1	\$ 3.500	\$ 3.500

	Ref: 4N35	16	\$ 1.200	\$ 19.200
	Ref: MAX232	2	\$ 2.000	\$ 4.000
Bobina				
	Transformador de 110 a 24	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Ref: Relay 12 voltios	8	\$ 2.000	\$ 16.000
Fusible				
	Ref: 1,5 A	1	\$ 150	\$ 150
Condensador				
	Ref: 10 uf	8	\$ 150	\$ 1.200
	Ref: 15 pf	6	\$ 150	\$ 900
	Ref: 1000 uf	2	\$ 1.000	\$ 2.000
	Ref: 4000 uf	1	\$ 2.500	\$ 2.500
Conectores				
	Bornera			
	Ref: 2x	10	\$ 1.200	\$ 12.000
	Ref: 3x	4	\$ 1.800	\$ 7.200
	DB9 base impreso	3	\$ 1.000	\$ 3.000
	DB9 Hembra	4	\$ 800	\$ 3.200
	Quick conectores			
	Ref: 8x	6	\$ 800	\$ 4.800
	Ref: 5x	2	\$ 500	\$ 1.000
	Ref: 4x	2	\$ 400	\$ 800
	Ref: 3x	3	\$ 300	\$ 900
	Ref: Jack DC base	13	\$ 400	\$ 5.200
	Ref: Jack DC	26	\$ 300	\$ 7.800
	Ref: Conector AC	1	\$ 800	\$ 800
	Ref: USB	1	\$ 500	\$ 500
Base				
	Ref: Textool 3M 40	2	\$ 8.000	\$ 16.000
	Ref: 16 pines	2	\$ 800	\$ 1.600

	Ref: 6 pines	16	\$ 200	\$ 3.200
	Ref: 18 pines	1	\$ 1.000	\$ 1.000
	Ref: Fusible largo	1	\$ 1.000	\$ 1.000
Cable				
	Bus datos de 40 hilos Metro	2	\$ 5.000	\$ 10.000
	Cable AC	1	\$ 2.000	\$ 2.000
	Cable metro	2	\$ 1.000	\$ 2.000
	Datos celular	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Estaño				
	En metros	6	\$ 500	\$ 3.000
Tarjeta				
	Ref: HMI	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Ref: Comunicaciones	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Ref: Teclado	1	\$ 5.000	\$ 5.000
	Ref: Borneras de entrada	1	\$ 7.000	\$ 7.000
	Ref: Borneras de salida	1	\$ 16.000	\$ 16.000
	Ref: Fuente	1	\$ 6.000	\$ 6.000
	Ref: Multiplexor	1	\$ 2.500	\$ 2.500
	Ref: Celular	1	\$ 4.000	\$ 4.000
Perisfericos				
	Ref: Teclado Matricial de 4x4	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Ref: LCD 4lineas 20 caracteres	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Leds				
	Ref: verde de 3mm	24	\$ 150	\$ 3.600
Switch				
	Ref: Switch	2	\$ 1.000	\$ 2.000
Caja	Fabricada por Solex	1	\$1.600	\$1.600
	En acrílico	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Celular				

	Ref: Nokia 6020	1	\$ 70.000	\$ 70.000
Tornillos				
	Tornillos	20	\$ 200	\$ 4.000
Total				\$ 471.750

Según esto el producto tendrá un costo por unidad de \$471.000.00 pesos. Con este precio y las características técnicas procedemos a hacer una comparativa con dos productos internacionales el TS6 Serial de Laurel Electronics, Inc. Antes mencionado en el documento de \$530.000.00 pesos y el producto *SCANTRIC D86-M8 Data Acquisition Module* con un costo Aproximado de \$530.000.00 pesos.

Tabla 14. Comparativa entre los producto Kamati K-01, Atecna SCANTRIC D86-M8, kelatron Vigil-K .

	Kamati	Atecna	Kelatron
	K-01	SCANTRIC D86-M8	Vigil-K
Especificaciones Técnicas			
Puertos de Salida Digital	N/A	6	8 - Relevos
Puertos de Entrada Digital	N/A	8 - Compartidos Análogo ó Digital	8
Puertos de Entrada Análogos	4		8
Valores Análogos Soportados	(4 a 20)mA - (0 a 5)V	(4 a 20)mA - (0 a 5)V	(4 a 20)mA - (0 a 2)V
Tipo de Arquitectura	Microchip	No definida	No Definida
Puertos de comunicación	2	1	1
Capacidades para SMS	SI - RS-232 Solo para SMS	SI - RS-232 Compartido	SI - Embebida
Protocolos de Comunicación	Modbus RTU - RS-232 Solo para Modbus	Modbus RTU - RS-232 Compartido	Modbus RTU - RS - 232
HMI	SI	SI	SI
Leds	SI - Para Fuente de Poder	SI - Errores, Data, etc.	SI - Errores, Data, etc.
Teclado	4 Teclas	N/A	N/A

Pantalla	LCD 2 Líneas	N/A	N/A
Memoria no volátil	SI - configuración y Valores para Escalar	SI - configuración	SI - Configuración – Data
Módulos Adicionales Requeridos	Modem GSM, Física RS-485	Modulo Modbus RTU, Modulo GSM Propietario de Atecna	Modulo RS-485
Tipo de Sensores soportados	Todos - El usuario lo escala a su gusto	Todos	Todos
Presentación de Data	HMI - SMS - Modbus *	Modbus/SMS	Modbus/SMS
Alimentación	7 - 48 VDC	10 - 24 VDC	8 - 30 VDC
Consumo de Corriente	< 150 mA	< 100 mA	> 1 A - Por El modem Embebido
* En Modbus los valores no van escalados			
<p>En cada una de las soluciones de productos se observa que son productos de gama alta, los cuales en su precio pueden oscilar entre los US\$350 a US\$1000 dependiendo de la cantidad de módulos implementados o características necesarias para operar, por ejemplo el producto de Atecna soporta hasta un modulo de ubicación por GPS, mientras que la Kelatron su arquitectura permite hasta enviar mensajes SMS por medio del protocolo Modbus, ya que su modem GSM viene embebido.</p>			
<p>Lo que se intenta resaltar es que el producto que se ha desarrollado cumple con una gran cantidad de características y un soporte de tecnologías en las cuales pueda resaltar en el mercado de los dispositivos de bajo costo, y en el cual se pueda tener un soporte local, directamente con Kamati.</p>			

6. CONCLUSIONES

Se realizaron las investigaciones pertinentes, se obtuvo un modelo de caja respectivo con normativa industrial la cual nos sirve para la aplicación del dispositivo. El diseño de la fuente se presenta con un diseño que se aplica en la industria con un regulador conmutado, el cual es el LM2575H, el cual permite regular a 5V desde una fuente variable. El desarrollo del software y el hardware, se seleccionó la arquitectura de Microchip para el desarrollo del producto.

La investigación con respecto del protocolo modbus, se obtuvo la información pertinente directamente de la norma que se presenta con un documento en la web.

Se presenta la secuencia lógica de cómo debe funcionar el dispositivo, con cada una de sus funciones y eventos, el cual permite entender el diseño de la arquitectura de software.

Se realizó un diseño en simulación para probar el código del microcontrolador y de la misma forma se realizaron las pruebas de comunicación y de envío de mensajes de texto con un software el cual permite crear un cable cruzado virtual con 2 puertos rs-232 virtuales – com0com – La documentación respectiva está en el código fuente el cual se va a usar para futuros desarrollos.

Gracias a la aplicación de una gran cantidad de técnicas y teorías se logró el desarrollo en un ambiente virtual y físico de este dispositivo, por medio de la utilización de tecnologías CAD que nos facilitó enormemente la tarea, permitiéndonos la optimización del dispositivo. Cabe notar acerca de nuestro dispositivo que dada la necesidad se puede cambiar el protocolo de comunicación cuando uno crea necesario por que aun así sigue existiendo en el protocolo rs-485 que es un estándar.

La utilización de modelos de referencia como por ejemplo el modelo OSI, nos facilita al involucrar dominio de protocolos (software) y dominio de medios de físicos de transferencia del protocolo (hardware), el Dispositivo es capaz de efectuar lecturas desde – ejemplo - sensores que tengan salida de 4 a 20 mA que es un valor de salida muy utilizado en la industria luego realiza la conversión al protocolo Modbus RTU las funciones 0x03, 0x06, 0x10, y RS232 para sistema

SMS , lo cual lo hace un producto capaz de interactuar con una gama alta de sensores, y dispositivos de control, lo cual lo convierte en un producto que representa las características técnicas adquiridas en la carrera.

Con referencia al lenguaje de programación se concluyó que el lenguaje que permitía mayor flexibilidad a la hora de la programación de este protocolo fue el lenguaje C con el cual se logró diseñar la secuencia lógica de pasos del Software y para su correcto funcionamiento en la aplicación.

En cuanto a los prototipos concluimos que una manera muy eficaz de evaluar posibles errores de diseño fue la utilización de paquetes CAD por lo anterior se lograron resultados óptimos en el desarrollo del producto de acuerdo a los estándares de la industria Configurar la comunicación de los equipos. (Modbus 232)

Se consigue integrar y aplicar los conocimientos adquiridos en las carreras de ingeniería Mecatrónica y Electrónica para la realización de un diseño competitivo que satisfaga las necesidades de la empresa Kamati.

La empresa Kamati logró el objetivo de la contratación de la pasantía con la universidad, que era satisfacer la necesidad de un Dispositivo Unifuncional y competitivo en precio y tecnología.

Teniendo en cuenta la presentación y la respuesta mecánica a esfuerzos se logra identificar la carcasa más adecuada al Dispositivo, de cortos tiempos de Reposición y competitiva también en cuanto a costos y diseño; esta carcasa es de marca MODULBOX-DUALMOUNT – 70 para aplicación en caso de no ser necesario la interface LCD y para el caso del panel frontal la FUTURA CASES FIC 96 03 perteneciente a la casa GAURANG y aunque ambas se pueden fabricar artesanalmente, se recomienda por presentación, precio y simpleza se recomienda la importación de ambas cajas, utilizando los canales de distribución existentes en la ciudad.

Finalmente se obtiene el fortalecimiento de las habilidades, actitudes y aptitudes fomentadas durante el estudio de la carrera, lo cual nos muestra que para sacar adelante un proyecto, cualesquiera que sea, no es suficiente con tener llenos los vacíos cognoscitivos, sino que también es necesario, forjar el carácter con cualidades como la paciencia, la tolerancia, el liderazgo, el positivismo y la capacidad de iniciativa y autocrítica

BIBLIOGRAFIA

Aplicación de protocolo modbus V. 1.1 [en línea]. North Grafton: modbus-IDA, 2005. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.Modbus.org/specs.php>

Aplicación de protocolo Modbus v. 1.1 [en línea]. North Grafton: modbus-IDA, 2005. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.Modbus.org/specs.php>.

Applications scantrix d86-m8 data acquisition module [en línea]. Santiago Chile: automation & technology, 2001. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.atecna.cl/nproducts/engscantrixsms.htm>

Box alum [en línea]. River Falls: Digi-key corporation, 2008. [Consultado 22 de agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://search.digikey.com/scripts/dksearch/dksus.dll?detail?name=hm161-nd>.

Carcasa y soporte para montaje electrónico [en línea]. Estados Unidos: Phoenixcontact, 2005. [Consultado 01 de Julio de 2007]. Disponible en Internet: <http://eshop.phoenixcontact.de/phoenix/treeViewClick.do?UID=62023&parentUID=62022>.

Catalogo virtual de productos [en línea]. Santiago de Cali: Velasquez Ingenieros Asociados, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.velasquez.com.co/>

Cursos de resinas poliester [en línea]. Estados Unidos: Edinterweb, 2006. [Consultado 01 de Julio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.edinterweb.com/inicial/resinas.htm>

Din panel Cases [en línea]. Mumbai: Gaurang Electronic Industries productos, 2005. [Consultado 22 de Julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.gaurang.com/dpc.htm/>

Edmundo.es invento de envió de mensajes sms gratis con redes wi-fi [en línea]. Madrid: Nokia, 2002. [Consultado 21 de abril de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.elmundo.es/navegante/2007/08/01/tecnologia/1185964737>.

Introducción a los microcontroladores [en línea]. Madrid: Ilustrados.com, 2008.. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpyVFpAppyVWlriaRk.php>

Instrumentation & displays laureate™ modbus laurel ascii protocol serial output din rail transmitters [en línea]. Costa Mesa: laureate™, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.laurels.com/transmitters-modbus.htm>

JIMÉNEZ BUENDÍA, Manuel. Comunicaciones Industriales [en línea]. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Tecnología Electrónica, 2007. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: [http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6 Comunic Ind/pdfs/Tema%207.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Tema%207.pdf)

Logística integral [en línea]. Santiago de Cali: COLTRANS S.A, 2008. [Consultado 22 de Agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.coltrans.com.co/>

Modbus rtu function list [en línea]. Estados Unidos: Opencube, 2006. [Consultado 02 de diciembre de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.opencube.com/>

Max232 active dual eia-232 driver/receiver [en línea]. Dallas Texas: TI incorporated, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/max232.html>.

Module de télémétrie et d'enregistrement de données avec gsm intégré. [en línea]. Chemin de la Fourtrouse, 2005. [Consultado 22 de agosto de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.kelatron.fr/apenregistreurs.htm>

Nokia.com.co especificaciones técnicas acerca del estándar y mejoras en las tecnologías 3G [en línea]. Bogotá, D.C.: Nokia, 2002. [Consultado 21 de Abril de 2007]. Disponible en internet: <http://www.nokia.com.co/A4600316?newsid=10227>

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL PARA LA ESTANDARIZACIÓN. Normas ISO 9000 y 14000 [en línea]. Chicago: ISO, 2006. [Consultado 08 de noviembre de 2007]. Disponible en internet: <http://www.iso.ch/iso/en/iso9000-14000/understand/inbrief.html>

Practica comandos hayes sms [en línea]. Argentina: Universidad de Buenos Aires Argentina Facultad de Ingeniería, 2005. [Consultado 21 de Enero de 2007]. Disponible en Internet: www.fi.uba.ar/materias/6637/tps/practica_hayes.doc

Resinas poliéster [en línea]. Estados Unidos: KAMIK, 2005. [Consultado 01 de Julio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.kamik.com/>

Simple switcher 1a step-down voltage regulator [en línea]. Santa Clara: National Semiconductor Corporation, 2008. [Consultado 22 de julio de 2008]. Disponible en Internet: <http://www.national.com/analog/company>

Tubos cuadrados para el chasis del prototipo [en línea]. Bogotá, D.C.: Industrias Lehner, 2005. [Consultado 11 de Julio de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.lehner.com.co/>

Tubos y perfiles de acero para uso estructural [en línea]. Bogotá, D.C.: Materiales los Andes, 2005. [Consultado 11 de julio de 2007]. Disponible en Internet: http://materialeslosandes.com/tproductos.php?pagina=conduven_estru

Diseño e implementación de un dispositivo de lectura de 4ma a 20ma, conversión a protocolo Modbus RTU y rs232 para sistemas SMS

Andrés Alfonso Fernández Grain , Estudiante Ing. Mecatronica

Jose Saquer Feghali, Estudiante Ing. Electrónica

Abstract-- Este proyecto es desarrollado por requerimiento de la empresa KAMATI LTDA, la cual propuso el diseño de un dispositivo de lectura de 4ma a 20ma conversión a protocolo Modbus RTU (Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos.) y RS232 (RS232 también conocido como Electronic Industries Alliance RS-232C. es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios) para sistemas SMS para ser desarrollado en una pasantía por estudiantes de La Universidad Autónoma de Occidente.

Index Terms—MODBUS, SMS, COMUNICACION, SENSORES, CONTROL INDUSTRIAL.

I. INTRODUCCIÓN

El Dispositivo está desarrollado con base a la tecnología de los microprocesadores, utilizando particularmente los PIC. El contenedor del Dispositivo fue un gran desafío, debido a las escasas opciones que existen en el mercado local, al alto costo cuando se trata de obtener las cajas a través de moldes propios en función de la cantidad de unidades que se requieren comercializar en la empresa KAMATI. Finalmente y después de analizar todas las variables posibles. Se decide la construcción artesanal del contenedor del dispositivo, para lo cual se logro contactar con una empresa de varios años de experiencia dedicada a la fabricación de piezas plásticas utilizando, métodos de termo formado, fibra de Vidrio y vaciado de resina acrílica. A través de la experiencia del Señor Jairo Mejía se acordó el uso de poliuretano que tiene características como la Aislación Hidrófuga, es decir es impermeable al agua.

Para el desarrollo del software se contó con la ayuda de Programas CAD (Diseño Asistido por Computador), como el PROTEUS, MPLAB y en el Hardware se trabajo con ARES, EAGLE.

Finalmente se logró desarrollar y probar efectivamente el funcionamiento del dispositivo especializado en un ambiente virtual, y a través de un prototipo.

II. DESARROLLO

Se presentan dilemas en el momento de adquirir un producto de este tipo, como es el soporte, la marca y la

resolución rápida de los inconvenientes.

A. Estudio de competencia

En la industria es en donde esta orientado nuestro producto, en el cual se encuentran muchos productos que hacen la funciones a la cual se propuso este proyecto, pero el nivel de soporte no es el adecuado o no se encuentra localmente.

Por ejemplo el SCANTRIC D86-M8 de Atecna, maneja un precio similar al propuesto en el desarrollo del producto propuesto, pero no vienen incluido los módulos directamente en el producto, cada modulo se integra individualmente con el cual el precio se puede hasta duplicar. Con respecto al soporte se debe realizar directamente con ellos por que no tienen una presencia directa en los países de Latinoamérica, pero el producto se ha vendido a muchas empresas en países latinoamericanos.

Por otra parte existen productos tipo Third-Party (Desarrollo de terceros), en los cuales su desarrollo es genérico y usan arquitecturas cerradas, de tal forma sus precios son similares y en muchos de los casos mucho mas elevados, en los cuales por su desarrollo a propósito, se da un alto coste de soporte. Por nuestra parte se desarrolla el prototipo con la idea que el código fuente del programa del microcontrolador sea abierto para Kamati y se pueda usar como base de desarrollo de cualquier producto o implementación que Kamati pueda realizar, volviéndolo un producto de vanguardia y de soporte local, lo cual va a permitir solución inmediata de inconvenientes, capacitación local, y por ende una reducción de costos para la parte de la industria.

Tabla 1. Tabla donde se presenta para el desarrollo del dispositivo. El uso de la Metodología de desarrollo concurrente, esta nos permite trabajar con mayor fluidez por ser nuestro grupo Multidisciplinario

FASE	ACTIVIDADES
CRONOGRAMA	- Cronograma
IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES	- Definir el tipo de necesidades del Cliente. - Tecnificar los requerimientos del Cliente. - Realización de métricas. - Realización de la casa de la Calidad (QFD).
INGENIERÍA INVERSA	- Procedimiento de sustracción y operación (SOP).
GENERACIÓN DE CONCEPTOS	- Descomposición funcional - Búsqueda externa e interna. - Exploración sistematizada.
SELECCIÓN DE CONCEPTOS	- Métodos y técnicas para evaluar conceptos. - Matriz de selección.
ARQUITECTURA DEL PRODUCTO	- Selección de arquitectura de producto. - Diseño de Chunks. - Distribución geométrica (Layout). - Interacciones entre conjuntos.
DISEÑO INDUSTRIAL	- Evaluación de las necesidades ergonómicas y estéticas. - Evaluación de la calidad del diseño industrial.
DISEÑO PARA MANUFACTURA	- Estimación de los costos de manufactura. - Diseño para ensamble.
PROTOTIPADO	- Diseño de prototipos. - Pruebas en prototipos.
DISEÑO DETALLADO	- Desarrollo del diseño detallado.

Cronograma de Actividades general: En la tabla 6 se enseña la relación de actividades a realizar en función del tiempo (meses), en el periodo de ejecución del proyecto, y en la tabla 7 el detalle de las actividades a realizar.
Anexo Tabla No.1

Identificación de necesidades: Las necesidades se apoyan en las siguientes bases, Ver tabla 2:

Tabla 2. Tabla donde se presenta la necesidades identificadas como mas importantes para el desarrollo del dispositivo.

Necesidad	Importancia
El sistema debe adquirir datos	5

El sistema debe enviar datos	5
El sistema debe usar protocolos de comunicación MODBUS RTU.	5
El sistema debe ser estético externamente.	5
El sistema debe tener mínimo 8 entradas.	4
El sistema debe tener estándares industriales.	5
El sistema debe ser de fácil construcción.	4
El sistema debe tener una interface intuitiva.	3
El sistema debe poseer rieles para su ajuste.	5
El sistema debe trabajar a 24 voltios.	5
El sistema debe tener un tamaño compacto.	4
El dispositivo no debe ser muy costoso	4

Ingeniería Inversa: Se realizó un proceso de Ingeniería Inversa a varios productos en los cuales tenían características deseables y alcanzables en cuanto al diseño y construcción de la carcasa (Convertidor Foxboro 731), la parte frontal y la posterior de la Caja 1/4 DIN Panel Instrument Cases FUTURA Gaurang Electronic Industries.

Generación de Conceptos: para generar conceptos que nos permitan evaluar las mejores alternativas de diseño posibles para esto nos valemos del concepto de caja negra para evaluar el dispositivo en función de sus entradas y sus salidas.

Figura 1. Concepto de caja negra Entradas y salidas del dispositivo. Ver anexo Figura 1

Figura 2. Concepto de caja negra Entradas y salidas de información analoga y digital. Ver anexo Figura 2

Debido a la facilidad de la utilización de fuentes externas que generalmente acompañan la implementación del dispositivo, el cual fue pensado para trabajar contiguo a un PLC, se decidió utilizar la fuente del PCL.

Selección de Conceptos.

En esta parte del documento se toma las decisiones que orientaran el diseño del dispositivo sobre las bases de nuestro análisis y las peticiones echas por la empresa Kamati Ltda.

Combinación de conceptos.

La Figura 3 muestra la trayectoria de una línea roja que muestra las decisiones tomadas para el desarrollo del dispositivo para esta para la parte de captura de señales analógicas y posterior empaquetamiento en el protocolo Modbus.

Figura 3. Trayectoria tomada para dar solución al tema de captura de variables analógicas. Ver Anexo Figura 3

Arquitectura de productos:

El producto se concibió bajo un modelo de arquitectura modular como, Lo que nos permitió observar y analizar de manera mas simple las diferentes fortalezas e inconvenientes del dispositivo, Aunque la naturaleza del dispositivo es la de ser un dispositivo de bajo costo, Que permita ser reemplazado sin mayores contratiempos, No se considero la posibilidad de poder realizársele un mantenimiento a sus partes, Es decir si el dispositivo falla por algún motivo, El camino a tomar es el de reemplazar la unidad dañada por una nueva.

Figura 4. Arquitectura de productos Modular General. Anexo Figura 4

Figura 5. Arquitectura de productos Módulos del Software. Ver Anexo Figura 5

Figura 6. Arquitectura de productos Modular partes principales y sus funciones. Ver Anexo Figura 6

Figura 7. Interacción Fundamental. En la siguiente grafica se muestra las principales interacciones ocurridas durante el proceso de funcionamiento del producto. Ver Anexo Figura 7

Figura 10 y 11. Imágenes de la parte externa e interna del convertidor. Que se utilizo para el proceso de ingeniería inversa cuando se exploro las cajas Anexo Figura 10 y 11

Diseño industrial.

Los aspectos de seguridad a considerados en el Diseño: Aspectos de Seguridad Electrónica, para evitar fallos por humedad, o por interacciones no autorizadas con la parte interna del equipo, también aspectos de acabado para evitar lastimar a las personas que interactúan con el dispositivo, en el caso de los plásticos para evitar la condensación excesiva de humedad, que alteren el desempeño del equipo.

Evaluación de la calidad del Diseño Industrial.

Calidad de las interfaces de usuario.

¿Las características del producto comunican realmente su operación al usuario? R/: Si, el dispositivo esta diseñado de acuerdo a como otros productos que están en la industria interactúan con el usuario. El usuario solo debe haber usado algún producto de monitoreo y gestión para saber como funciona este dispositivo.

¿Es el uso del producto es intuitivo? R/: El producto es intuitivo a personas que ya estén familiarizadas con la utilización de dispositivos de comunicación industrial, los técnicos deben leer las instrucciones para realizar la operación de instalación.

¿Son todas sus características seguras? R/: El producto es seguro por su función; solo es para el monitoreo de variables, el usuario no interactúa con el contenido o la caja.

¿Se han identificado todos los usuarios y usos potenciales del producto? Hasta ahora solo se ha desarrollado la parte requerida por la pasantita, de acuerdo a los pasos seguidos en el proceso de diseño se han vislumbrado otros campos para el uso de este producto, realizando algunos cambios en el diseño.

Facilidades de mantenimiento y reparación.

¿Es el mantenimiento del producto obvio?, ¿es fácil? El mantenimiento es fácil porque el producto es modular, la idea es que sea de bajo costo lo que permita en el futuro el reemplazo del equipo completo dado el caso de una falla

¿Las características del producto informan efectivamente los procedimientos de ensamble y desensamble? Hasta ahora no se ha realizado un manual para el producto, pero el producto se entrega de una sola pieza, el usuario no lo armara.

Figura 12. Ponderación de características estéticas y ergonómicas del dispositivo. Ver Anexo Figura 12

Figura 13. Calidad de las interfaces de usuario. Ver Anexo Figura 13

Diseño para manufactura.

Figura 13. Carcasas del dispositivo. a) Ejemplo de parte frontal desarrollada en Cali por Solex Ltda. Termo formado de Colombia, tomando como referencia la caja del dispositivo Foxboro b) caja desarrollada por industrias Gaurang India., c. caja para panel frontal cotizada en DIGIKEY.com Ver Anexo Figuras 13 a) y b)

Tabla 3. Presupuesto para manufactura del dispositivo.

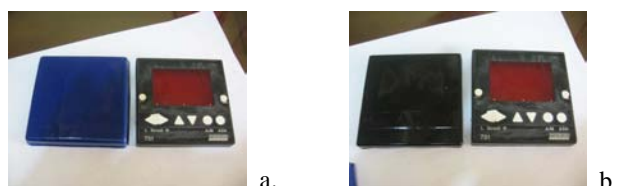
Hardware	Software
Elementos de escritorio papelería \$100.000.00	Prototípico 3D Chasis y Carcasa
• Comunicaciones (fax, Celular, correo) \$100.000.00	Solid Works \$0.00 Sin costo
• Fotocopias \$100.000.00	Versión Estudiantil
• Bibliografía \$500.000.00	• 2.Simulación Electrónica y Eléctrica
• Transporte y gastos de viaje \$500.000.00	Proteus \$0.00 Sin costo Versión

<ul style="list-style-type: none"> • Microprocesadores PIC \$200.000.00 • Elementos Resistivos y Capacitivos e integrados para la fuente conmutada la comunicación 485 \$150.000.00 • Para sistema SMS MODEM NOKIA 6200 \$250.000.00 • Equipos y Herramientas Osciloscopio, Multímetro, pelacables, moldes para carcasa, destornillador, moto tool. \$0.00 Sin costo Versión Evaluación 	<p>Estudiantil</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crearon del Programa para PIC de control e interpretación a Modbus <p>Mplab.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 Quemado de la memoria de programa ICPROG <p>\$0.00 Sin costo Versión Evaluación</p>
TOTAL HARDWARE Y SOFTWARE	\$ 1.750.000.00 Pesos M/cte. Un millón novecientos setenta mil pesos

Figura 14. Carcasas del dispositivo. a) Ejemplo de parte frontal desarrollada en Cali por Solex Ltda. Termo formado Colombia y carcasa frontal de Dispositivo Foxboro, b) Prototipo desarrollado con algunas características extras de manera exploratoria. Ver Anexo Figura 14 a) y b)

Figura 15 a). Ejemplo de la Parte frontal de la caja elaborada por Solex

Figura 15 b). Ejemplo de la Parte posterior de la caja elaborada por Solex



Metodología de ensamble. El diseño es modular y esta hecho la mayor parte por Outsourcing, las PCBs son encargadas a segundos para armarse, las Cajas y el MODEM Enfora son importadas, el Know-How es la programación y el protocolo de comunicación que utilizara para el envío de los datos.

- **Tiempo de ensamble:** 5 minutos para ensamble de las 6 piezas.
- **Índice PDE:** $(8*3)/5*60$.
- **Índice:** 0.08.
- **Costos de ensamble:** 1000 C/U.

PROTOTIPADO

Después de haber desarrollado los análisis necesarios, En los que se tomaron en cuenta los objetivos específicos de la empresa y otros criterios más como lo son: las prestaciones del dispositivo, Los costos de elaboración, la demanda, la disponibilidad de las partes electrónicas y en particular la carcasa de medidas comunes a los sistemas industriales de empotramiento como el riel DIN y el panel frontal DIN entre otros Factores también importantes, El estudio oriento el desarrollo en base a los siguientes criterios:

Criterios Elaboración del prototipo

a). Insumos locales: inicialmente el producto está pensado para ser producido a pedido debido a esto asumimos una producción a baja escala, por lo cual podemos basarnos para la elaboración en la utilización de insumos locales que aunque son mas costosos por ser comprados a revendedores se puede comprar al menudeo y la disposición de ellos es inmediata y no depende de tiempos de reposición.

b.) carcasa artesanal Solex: nuestra búsqueda de una carcasas de fabricación nacional normalizadas DIN necesarias para los sistemas de empotramiento industrial, nos revelo que en el mercado nacional no existes empresas dedicadas a la fabricación de cajas normalizadas, esto debido al alto costo de fabricación de los moldes para maquina de inyección que dependiendo el material del molde puede estas entre costos de 5 millones fabricación en aluminio o en un muy buen acero que cuesta mas de los 14 millones de pesos.

c.) Interfaces SMS Celular Nokia 6270: utilización de un celular como el Nokia obedece a que tiene muy buenas prestación maneja el envío de SMS se maneja a través de comando HAYES, existe muchas disponibilidad de unidades de este tipo nuevas y usadas además es una línea gama media de Nokia, lo que quiere decir es que este modelo seguirá siendo desarrollado a futuro, además de esto se encuentra mucha documentación acerca del manejo del celular en la RED.

d.) Placa madre: los componentes eléctricos como micro procesadores PIC, materiales resistivos y capacitivos discretos, leds borneras y demás se consiguen por menudeo en el mercado local lo cual aumenta el valor de nuestro dispositivo al poderse construir con suministros locales y no depender de la importación.

e.) Pantalla LCD de 2 Segmentos: la pantalla LCD en el caso del prototipo se utilizo una pantalla de 4 líneas que es de fácil consecución en el mercado local en el dispositivo que amparado este documento se utiliza un LCD de dos líneas mas simple, en ambos casos se consigue en mercado local a muy buenos precios por menudeo.

f.) Botones de comando: En el prototipo se utiliza un teclado matricial que se consigue muy fácilmente en mercado local al menudeo, en el dispositivo amparado por este documento se

utiliza 4 pulsadores que se consigue en mercado local al menudeo.

La Carcasa Fabricada por Solex mercado local Cali –Valle del Cauca

Cotización Costos aproximados para la fabricación local por la empresa Solex de 500 unidades: cantidad 500 unidades color Negro unidad a 1600 para un total de $500 \times 1600 = \$800.000.00$, ochocientos mil pesos, mas costos de transporte dentro de la ciudad de \$60.000.00 pesos para un total de \$860.000.00 pesos entonces el costo por unidad es de \$1.720.00 pesos.

A continuación se relacionan en la siguiente tabla las partes con sus costos aproximados en el mercado local (Cali-Valle del Cauca) que se integraran en el dispositivo:

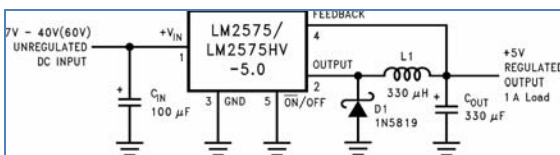
Tabla 4. Presupuesto de los componentes que conforman el dispositivo. Ver Anexo Tabla 4.

Diseño detallado.

Diseño para mantenimiento. El diseño posee varios factores que deben ser tenidos en cuenta para mantener un desempeño optimo, desde las necesidades del cliente era necesario tener en cuenta su facilidad reparación o de mantenimiento, teniendo en cuenta esto se concretó un dispositivo con estructura modular dando como ventaja la posibilidad de realizar mantenimientos preventivos y como parte fundamental realizar los cambios de los módulos individualmente al momento de fallar, sin afectar el desempeño de los otros o de realizar nuevamente la configuración del equipo.

Diseño de la fuente. La fuente se diseñó con un esquema regulado por conmutación, en el diseño se implemento un circuito integrado regulador por conmutación, que es el LM2575, el cual puede hacer una aplicación de regulación muy eficiente y soporta altas temperaturas.

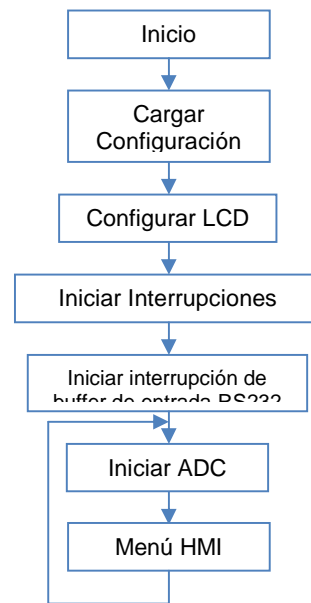
Figura 17. Diseño obtenido de National semiconductor , http://www.mhl.tuc.gr/data_books/Natsemic/LM2575.pdf



Operación de software.

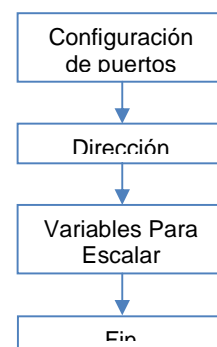
El siguiente diagrama mostrado en la figura 41, resume la secuencia de inicio del micro controlador, en la primera etapa es cargada la configuración y datos estáticos (Guardado en memoria), los cuales son: la dirección del dispositivo, y los datos de los escalares de los canales analógicos. Posteriormente es configurado el LCD, tanto las líneas que se usaran y la cantidad de caracteres a mostrar.

Figura 18. Inicio del micro controlador



Configurar los puertos, determinando cuales puertos son de entrada o salida, y el uso del puerto analógico. También la dirección ModBus, son cargadas las Variables para Escalar son los valores que se usaran para convertir las señales análogas a valores físicos.

Figura 19. Captura de datos



En el diagrama mostrado en la figura 43, se muestra la estrategia para capturar de cada uno de los puertos analógicos, donde primero que se captura los datos análogos directamente desde el puerto y posteriormente se cargan en un arreglo para guardarlos en la memoria RAM, después se escalan a los valores físicos que se desean, y por último se guardan en un arreglo para poderlos presentar en pantalla, por data en Modbus, o por el envío del mensaje de texto.

Figura 20. El funcionamiento de los protocolos y el HMI se requiere una base de software como es la que se implemento dentro del micro controlador. En principio el software configurara unos parámetros por defecto, como son los apuntadores y las direcciones de memoria en donde va a cargar los datos de la dirección Modbus, parámetros de escalado de datos analógicos, y el número de celular al cual se le va a enviar los datos. Posteriormente va a cargar las funciones específicas, como son la captura de datos desde los puertos analógicos, la espera a solicitud de datos por parte de la red

485 (hablando en Modbus) y el envío de datos SMS después de un tiempo estipulado o por acción del usuario.

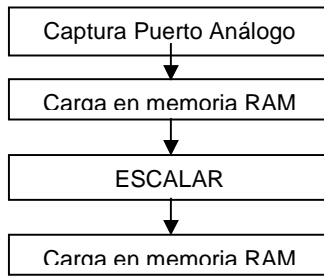
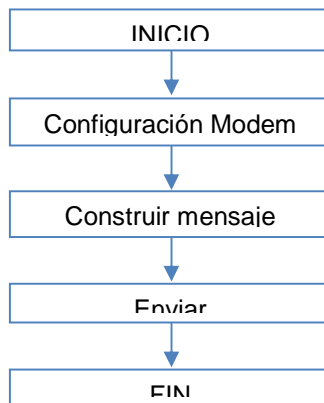


Figura 21. Envío de un mensaje SMS con los datos de los puertos.



En esta secuencia funciona (ver figura 45) el envío de mensajes de texto, primero se tiene que configurar el modem GSM para enviar un mensaje de texto, posteriormente se debe construir el mensaje, y por ultimo enviarlo con el comando correspondiente.

El funcionamiento de Modbus se describe a continuación, por medio del esquema mostrado en la figura 47.

Figura 22. Funcionamiento del MODBUS. Documento del Modbus ida 1.1, www.modbus-ida.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0a.pdf Ver anexo Figura 22

SMS (Servicio de mensajes cortos ("Short Message Service")).

Descripción. El dispositivo posee la habilidad de enviar mensajes de texto a cualquier celular, por medio de otro celular conectado a este dispositivo, dicho celular conectado debe poseer un modem para poder utilizar dicha habilidad.

El mensaje que es enviado contiene los datos de cada una de las señales monitoreadas por el dispositivo.

Manejo del celular. El dispositivo utiliza la función de modem del celular para poder enviar los mensajes de texto, esta función de modem es controlada por medio de comandos AT estándar.

Conexión. El dispositivo es conectado al celular por medio de un enlace estándar RS-232, los parámetros de conexión no son problema ya que el celular posee la habilidad de auto detectar la velocidad de transmisión. Pero el dispositivo ya posee unos parámetros de conexión, los cuales son: Bits por segundo: 9600, Bits de dato: 8bits, Paridad: Ninguna, Control de flujo: Ninguno.

III. REFERENCIAS

- Modbus RTU Function List, <http://www.opencube.com/> (Cont.: Equipo de Similares características).
- Modbus RTU Function List, <http://www.Modbus-ida.org/>.
- Laureate™ Modbus or Laurel ASCII Protocol Serial Output DIN Rail Transmitters, <http://www.laurels.com/transmitters-Modbus.htm> (Cont: Equipo de Similares características).
- Carcasa y soporte para montaje electrónico, <http://eshop.phoenixcontact.de/phoenix/treeViewClick.do?UID=62023&parentUID=62022> (Cont: Carcasas Para Montajes Electrónicos).
- CURSOS DE RESINAS POLIESTER, <http://www.edinterweb.com/inicial/resinas.htm> (Cont.: Técnicas de moldeo de objetos por medio de contra moldes y resinas de polyester).
- KAMIK - Resinas Poliéster, <http://www.edinterweb.com/inicial/resinas.htm> (Cont.: Técnicas de moldeo de objetos por medio de contra moldes y resinas de polyester).
- Industrias Lehner, <http://www.lehner.com.co/> (Cont.: tubos cuadrados para el Chasis del Prototipo).
- Materiales Los Andes, Productos <http://materialeslosandes.com/tproductos.php?pagina=>

Anexos

Tabla 1 Cronograma de actividades general.

ETAPA	MES					
	1	2	3	4	5	6
Recopilación de Información	Enero					
Selección de conceptos		Febrero				
Experimentos		Febrero	Marzo			
Desarrollo			Marzo	Abril	Mayo	
Pruebas de campo					Mayo	Junio

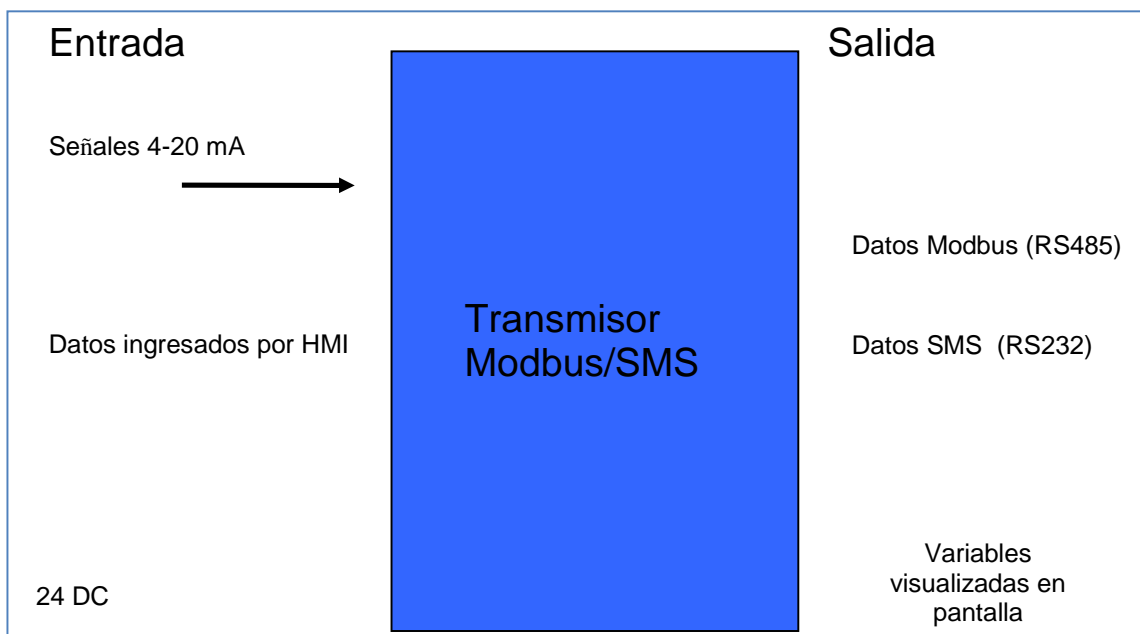
Tabla 4. Presupuesto de los componentes que conforman el dispositivo.

Compo nente	Detalle	Canti dad	Valor unitario	Total
Pic				
	Ref: 18F452	1	\$ 30.000	\$ 30.000
	Ref: 16F877A	1	\$ 20.000	\$ 20.000
	Ref: 16F84A	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Cristales				
	Ref: 4Mhz	3	\$ 1.500	\$ 4.500
Resistencia				
	Ref: 1K \square	68	\$ 50	\$ 3.400
	Ref: 100K \square	4	\$ 50	\$ 200
	Ref: 100 \square	4	\$ 50	\$ 200
	Ref: trimer 10k \square	3	\$ 1.200	\$ 3.600
Diodos				
	Puente rectificador	1	\$ 2.000	\$ 2.000
	Ref: 1N4004	8	\$ 150	\$ 1.200
Integrados				
	Ref: 74LS07 Negador	1	\$ 1.000	\$ 1.000
	Ref: CD4051 Multiplexor	1	\$ 1.500	\$ 1.500
	Ref: LM7805 Regulador	5	\$ 1.000	\$ 5.000
	Ref: LM7812 Regulador	1	\$ 1.000	\$ 1.000
	Ref: LM339 Regulador	1	\$ 3.500	\$ 3.500
	Ref: 4N35	16	\$ 1.200	\$ 19.200
	Ref: MAX232	2	\$ 2.000	\$ 4.000
Bobina				
	Transformador de 110 a 24	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Ref: Relay 12 voltios	8	\$ 2.000	\$ 16.000
Fusible				

	Ref: 1,5 A	1	\$ 150	\$ 150
Condensador				
	Ref: 10 uf	8	\$ 150	\$ 1.200
	Ref: 15 pf	6	\$ 150	\$ 900
	Ref: 1000 uf	2	\$ 1.000	\$ 2.000
	Ref: 4000 uf	1	\$ 2.500	\$ 2.500
Conectores				
	Bornera			
	Ref: 2x	10	\$ 1.200	\$ 12.000
	Ref: 3x	4	\$ 1.800	\$ 7.200
	DB9 base impreso	3	\$ 1.000	\$ 3.000
	DB9 Hembra	4	\$ 800	\$ 3.200
	Quick conectores			
	Ref: 8x	6	\$ 800	\$ 4.800
	Ref: 5x	2	\$ 500	\$ 1.000
	Ref: 4x	2	\$ 400	\$ 800
	Ref: 3x	3	\$ 300	\$ 900
	Ref: Jack DC base	13	\$ 400	\$ 5.200
	Ref: Jack DC	26	\$ 300	\$ 7.800
	Ref: Conector AC	1	\$ 800	\$ 800
	Ref: USB	1	\$ 500	\$ 500
Base				
	Ref: Textool 3M 40	2	\$ 8.000	\$ 16.000
	Ref: 16 pines	2	\$ 800	\$ 1.600
	Ref: 6 pines	16	\$ 200	\$ 3.200
	Ref: 18 pines	1	\$ 1.000	\$ 1.000
	Ref: Fusible largo	1	\$ 1.000	\$ 1.000
Cable				
	Bus datos de 40 hilos Metro	2	\$ 5.000	\$ 10.000
	Cable AC	1	\$ 2.000	\$ 2.000
	Cable metro	2	\$ 1.000	\$ 2.000
	Datos celular	1	\$ 10.000	\$ 10.000
Estaño				
	En metros	6	\$ 500	\$ 3.000
Tarjeta				
	Ref: HMI	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Ref: Comunicaciones	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Ref: Teclado	1	\$ 5.000	\$ 5.000
	Ref: Borneras de entrada	1	\$ 7.000	\$ 7.000
	Ref: Borneras de salida	1	\$ 16.000	\$ 16.000
	Ref: Fuente	1	\$ 6.000	\$ 6.000

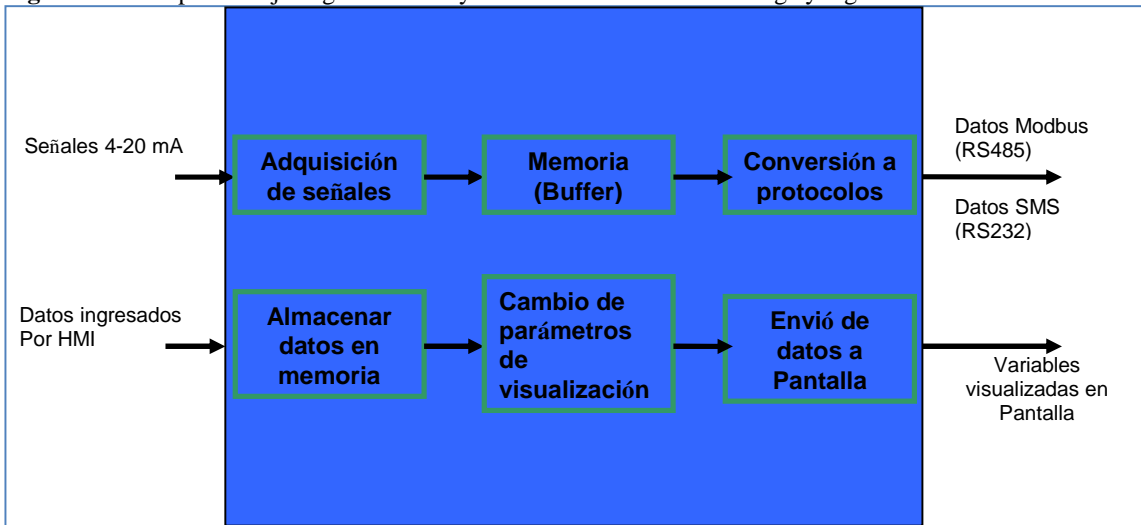
	Ref: Multiplexor	1	\$ 2.500	\$ 2.500
	Ref: Celular	1	\$ 4.000	\$ 4.000
Perisfericos				
	Ref: Teclado Matricial de 4x4	1	\$ 10.000	\$ 10.000
	Ref: LCD 4líneas 20 caracteres	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Leds				
	Ref: verde de 3mm	24	\$ 150	\$ 3.600
Switch				
	Ref: Switch	2	\$ 1.000	\$ 2.000
Caja	Fabricada por Solex	1	\$1.600	\$1.600
	En acrílico	1	\$ 30.000	\$ 30.000
Celular				
	Ref: Nokia 6020	1	\$ 70.000	\$ 70.000
Tornillos				
	Tornillos	20	\$ 200	\$ 4.000
Total				\$ 471.750

Figura 1. Concepto de caja negra Entradas y salidas del dispositivo. Anexo Figura 1



Anexos

Figura 2. Concepto de caja negra Entradas y salidas de información análoga y digital.



Debido a la facilidad de la utilización de fuentes externas que generalmente acompañan la implementación del dispositivo, el cual fue pensado para trabajar contigo a un PLC, se decidió utilizar la fuente del PCL.

Figura 3. Trayectoria tomada para dar solución al tema de captura de variables análogas. Anexo Figura 3

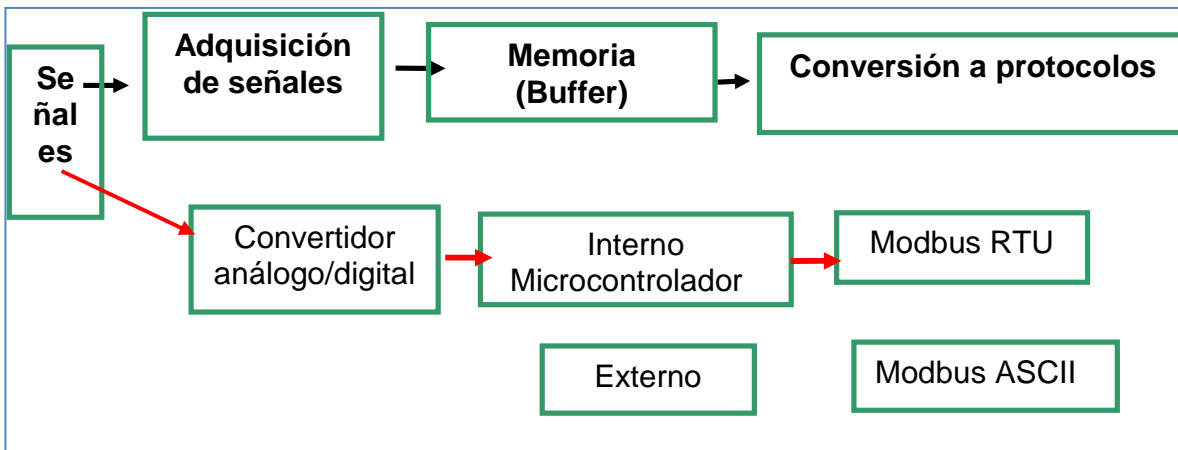


Figura 4. Arquitectura de productos Modular General.

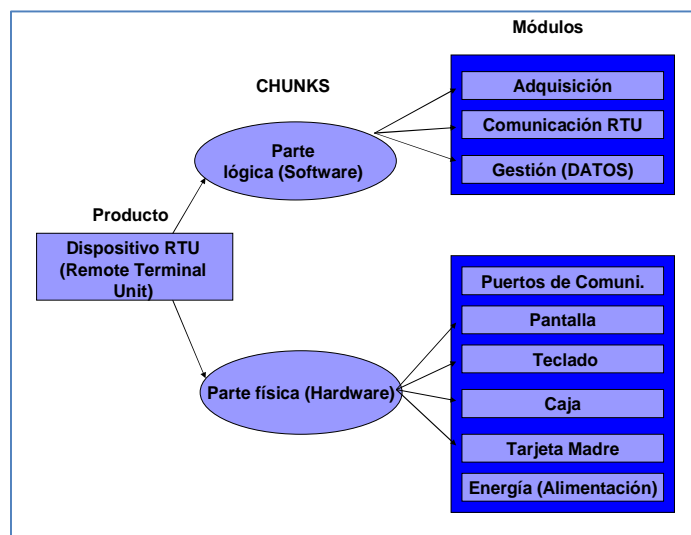


Figura 5. Arquitectura de productos Módulos del Software.

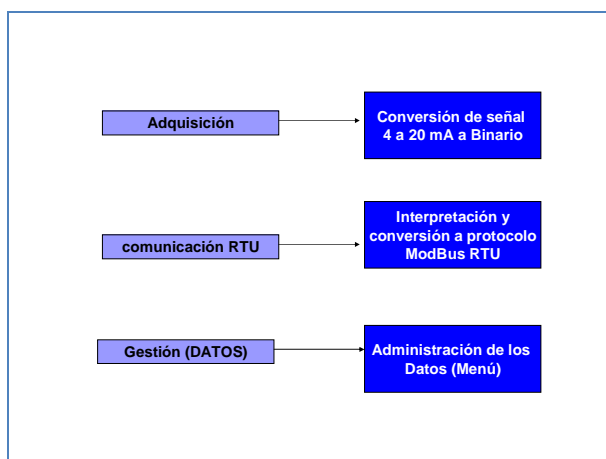


Figura 6. Arquitectura de productos Modular partes principales y sus funciones.

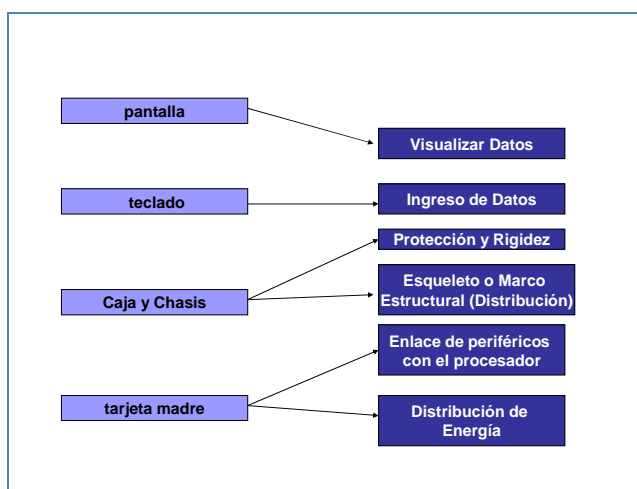


Figura 7. Interacción Fundamental. n la siguiente grafica se muestra las principales interacciones ocurridas durante el proceso de funcionamiento del producto.

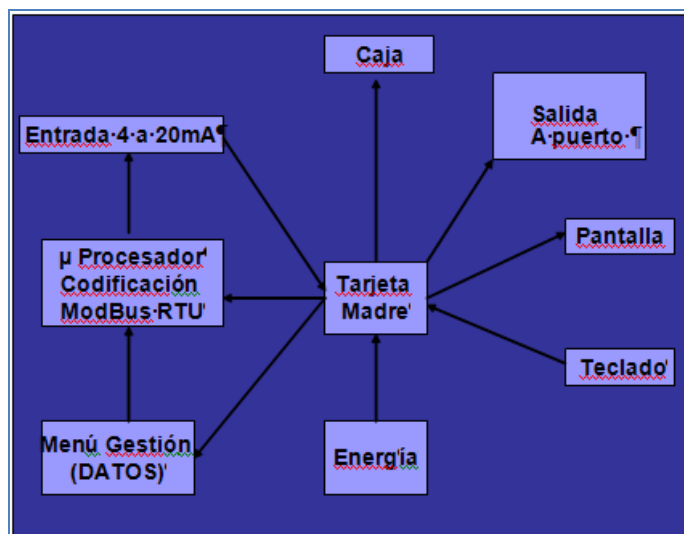


Figura 8. Interacción Incidental.

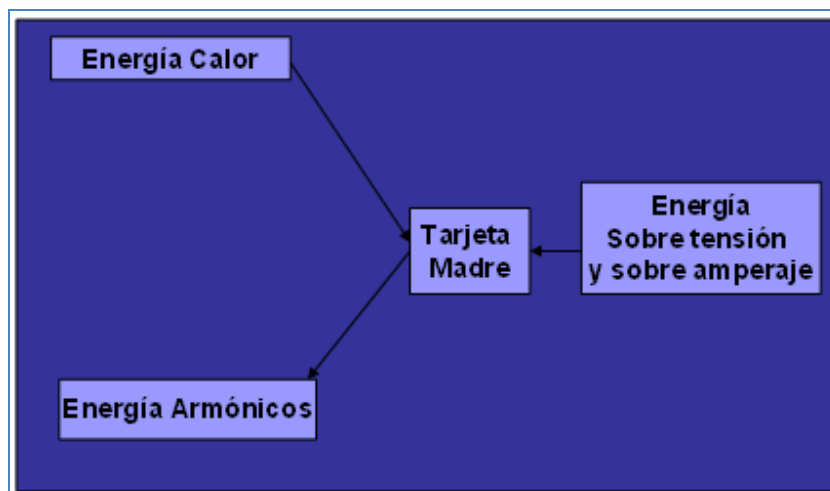


Figura 9. Arquitectura del Dispositivo

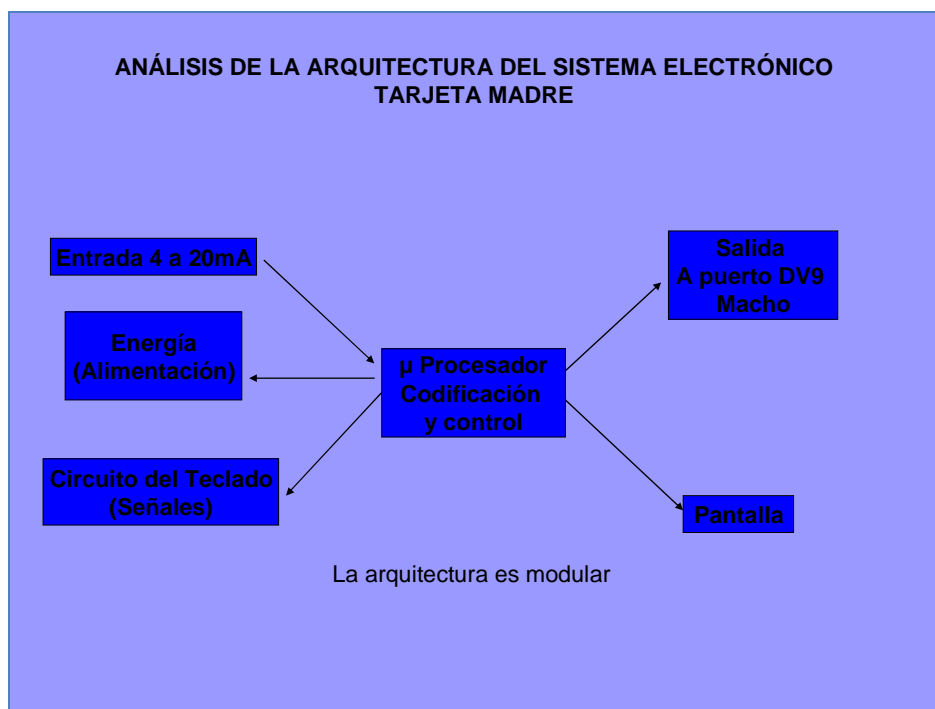


Figura 10. Imágenes de la parte externa del convertidor. Anexo Figura 10



Figura 11. Imágenes de la parte interna de la tapa frontal y los botones de accionamiento.



Figura 26. Ponderación de características estéticas y ergonómicas del dispositivo.

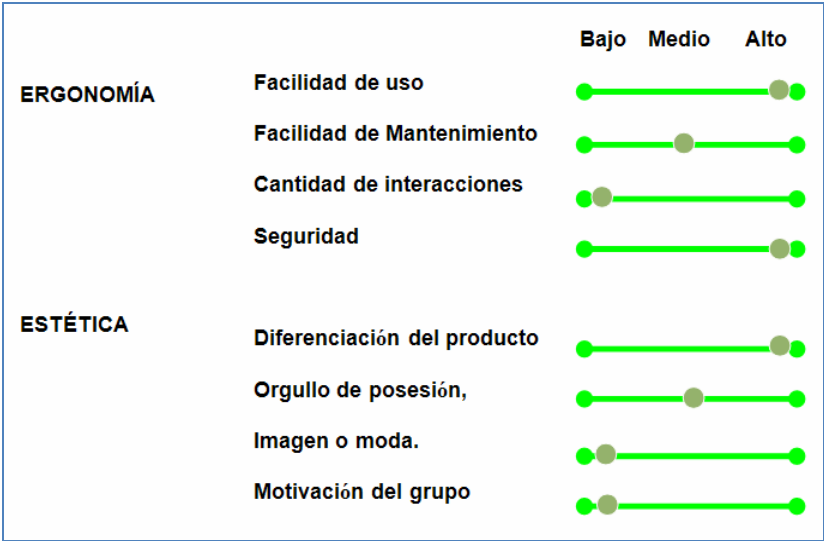


Figura 27. Calidad de las interfaces de usuario.

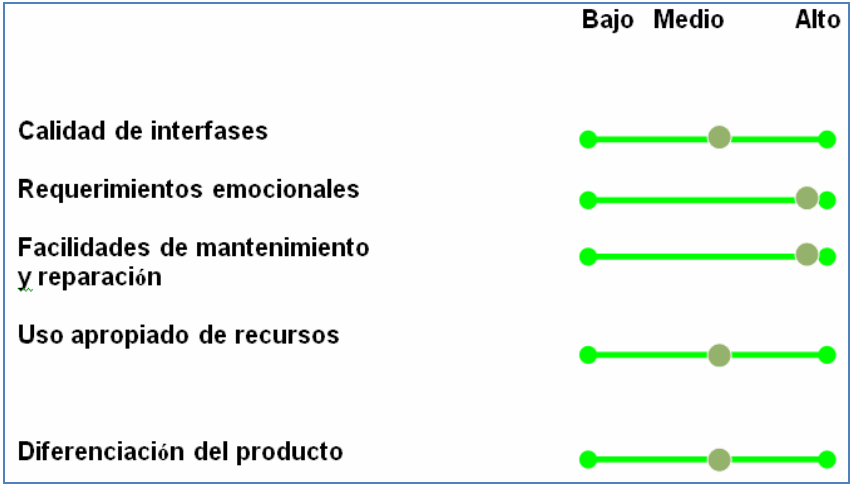


Figura 28. Carcasas del dispositivo. a) Ejemplo de parte frontal desarrollada en Cali por Solex Ltda. Termo formado de Colombia, tomando como referencia la caja del dispositivo Foxboro b) caja desarrollada por industrias Gaurang India., c. caja para panel frontal cotizada en DIGIKEY.com



a)



b)



c.

Figura 22. Funcionamiento del MODBUS. Documento del Modbus ida 1.1, www.modbus-ida.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0a.pdf

